

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Provozní spolehlivost a systémy údržby

The Maintenance Reliability and Maintenance System

Student:

Bc. Kristýna Krčmářová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kristýna Krčmářová**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **72 Technická diagnostika, opravy a udržování**
Téma: **Provozní spolehlivost a systémy údržby**
The Maintenance Reliability and Maintenance System

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Zpracujte návrh řešení zajištění provozní spolehlivosti a systému údržby výrobního provozu vycházející z výkonnostní analýzy klíčových výrobních strojů. V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
 2. Obecný ideový a technický návrh řešení systému údržby.
 3. Daný návrh aplikujte na daný výrobní provoz.
 4. Zhodnoťte přínos nového řešení ve srovnání se stávajícím.
- Další specifikace bude provedena v průběhu zpracovávání diplomové práce.
Rozsah práce min. 45 stran textu.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130s., ISBN 978-80-248-1690-6
LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2
NĚMEČEK, P. a kol. *Vedoucí podniku (podnik v kostce)*. Verlag Dashofer nakladatelství s.r.o., Praha 1996, sv.1 a 2, ISBN 80 – 901859 – 5 – 9
Kol. *Sborníky z mezinárodních odborných konferencí „Národní fórum údržby „ a „Údržba“*
ČSN EN 13306:2002 *Údržba – Terminologie údržby*
ČSN EN 13629:2015 *Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě*
ČSN EN 15628:2016 *Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby*
ČSN EN 13460:2009 *Údržba – Dokumentace údržby*
Interní podkladové materiály

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežní prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě9.5.2018.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu u její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 9.5.2018.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Kristýna Krčmářová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Branka 254, Hustopeče nad Bečvou, 753 66

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KRČMÁŘOVÁ, K. *Provozní spolehlivost a systémy údržby*: diplomová práce. Ostrava VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 66 s. Vedoucí práce: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Tato diplomová práce se zabývá provozní spolehlivostí a systémy údržby. Část zaměřená na teorii je orientována na postupy, procesy a legislativu managementu údržby. Praktická část řeší technický návrh vylepšení návrhu nové výrobní linky v Dura Automotive Systems s.r.o. a její následnou optimalizaci po zahájení sériového procesu tak, aby byla dosažena provozní spolehlivost. V této diplomové práci jsou tedy specifikovány postupy a metody pro její získání.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KRČMÁŘOVÁ, K. *The Maintenance Reliability and Maintenance system*: Diploma Thesis. Ostrava VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 66 p. Thesis head: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

The master thesis is focused on operational reliability and maintenance systems. Theoretical part is focused on procedures, processes and maintenance legislation. The practical part of master thesis solves the technical proposals for building of new production line in Dura Automotive Systems s.r.o. followed by its optimization after start of serial production to achieve operational reliability. In this master thesis are specified procedures and methods for its achievement.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	10
1 Úvod	11
2 Údržba ve výrobní společnosti	12
2.1 Strategie údržby.....	12
2.2 Hmotný majetek a investiční politika.....	14
2.2.1 Etapy pořizování hmotného majetku	15
3 Přejímky zařízení a náběh výroby	17
3.1 Specifikace	18
3.1.1 Obecná část	19
3.1.2 Technologická část.....	19
3.2 Přepřejímka zařízení u dodavatele	19
3.3 Přejímka zařízení u zákazníka.....	20
3.4 Testování výroby a náběh výroby na novém zařízení.....	20
4 CEZ – Celková efektivnost zařízení.....	21
4.1 Míra využití	22
4.2 Míra výkonu	22
4.3 Míra kvality	22
4.4 CEZ	23
5 Provozní spolehlivost	23
5.1 Legislativa a bezpečnost provozu v údržbě.....	25

5.1.1	Legislativa v bezpečnosti strojů.....	25
5.2	Dokumentace v údržbě a její požadavky.....	26
5.2.1	Informační přílohy	27
5.3	Vyhrazená strojní zařízení.....	27
5.3.1	Zdvihací	27
5.3.2	Elektrická	28
5.3.3	Tlaková	28
5.3.4	Plynová	28
5.4	Informační technologie a údržba.....	29
5.5	Efektivita a její hodnocení pomocí CMMS.....	30
6	Návrh výrobní linky její následná optimalizace v Dura Automotive Systems s.r.o.....	31
6.1	O společnosti	31
6.2	Dura Automotive Systems Kopřivnice a její milníky	32
6.3	Dura Kopřivnice v současnosti	33
6.4	Organizační struktura Dura Kopřivnice	35
6.5	Vedení Dura Kopřivnice	36
6.6	Návrh výrobní linky a její uvedení do provozu – současný stav	37
6.7	Návrh výrobní linky a její uvedení do provozu – technický návrh vylepšení.....	38
7	Aplikace technického návrhu na daný projekt	40
7.1	Tvorba procesní FMEA.....	41
7.2	Tvorba specifikace nové výrobní linky	44

7.2.1	Úvod.....	44
7.2.2	Obecné požadavky na zařízení.....	44
7.3	Technické požadavky – technologický postup.....	47
7.3.1	Předmontáž řadicí páky.....	47
7.3.2	Sestava modulu řadicí páky	48
7.3.3	Montáž řadicí páky a triggeru do domku	49
7.3.4	Spojení domku s řadicími kabely.....	49
7.3.5	Tester dráhy páky.....	50
7.3.6	Finální montáž řadicího systému	51
7.4	Seznam doporučených náhradních dílů.....	51
7.5	Schvalování designu u dodavatele	52
7.6	Zkušební provoz u dodavatele.....	53
7.7	Optimalizace výrobního procesu.....	53
8	Závěr.....	61
	Seznam použité literatury	63
	Seznam obrázků.....	64
	Seznam grafů	65
	Seznam tabulek.....	65
	Seznam příloh	66

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Jednotka	Popis
AOEMS	-	Achieving Operational Excellence Management System – Dosažení výrobní dokonalosti managementem systému
CE	-	Prohlášení o shodě
CEZ	%	Celková efektivita zařízení
CMMS	-	Computerized Maintenance Management Systems - Počítačové systémy v řízení údržby
ČÚBP	-	Český úřad bezpečnosti práce
DOS	-	Dura Operational System – Systém řízení Dura
EU	-	Evropská unie
ETA	-	Event tree analysis - Analýza stromu událostí
FMEA	-	Failure mode and effect analysis - Analýza příčin a důsledků
FTA	-	Fault tree analysis - Analýza stromu poruch
HM	-	Hmotný majetek
IT	-	Informační technologie
LCC	-	Life cycle costings - Náklady na cyklus životnosti
ND	-	Náhradní díly
R@R	-	Run at Rate – Výroba v taktu
SW	-	Software

1 Úvod

V dnešním světě jsme ve velké míře závislí na technologii a automatizaci. Stroje jsou schopné vykonávat stále více funkcí a úkonů. Často je využíváme k výrobě drahého zboží a chyby či poruchy tohoto stroje mohou zastavit celou výrobu, v nejhorším případě i ohrozit termín dodání produktu zákazníkovi. Tyto prostroje jsou nežádoucí a mohou způsobit i poškození pověsti dané společnosti, která zařízení provozuje. Nesmíme také opomenout, že selhání zařízení může mít vliv i na bezpečnost provozu, popř. životní prostředí. Z toho nám vyplývá, že údržba zařízení by se měla brát v každé společnosti jako klíčová aktivita. [2]

Je patrné, že údržba je pro každou moderní společnost zdroj zisku. Z tohoto důvodu je nezbytně nutné, aby se intenzivně řešila otázka provozní spolehlivosti zařízení a tím se zvyšovala produktivita. V opačném případě bude společnost nekonkurenceschopná. Údržba je systémová procesní činnost, při které musíme bezpodmínečně znát dané procesy, pochopit postupy, abychom byli schopni identifikovat objektivně problémy a specifikovat nápravné opatření pro jejich odstranění. To vše je možné při vynaložení přiměřených nákladů za účelem optimalizace procesu a zvýšení již zmíněné provozní spolehlivosti. [3]

Aby celý systém údržby mohl fungovat, musí management především stanovit reálné strategie a cíle, které lze kontrolovat a měřit. Měřená data musí být shromažďována a uchovávána pro její další zpracování. Dále management musí dbát na zaškolení všech pracovníků, musí je motivovat a směřovat k definovanému cíli při jejich efektivním využití. Bohužel, i přes dnešní moderní dobu, je možné, že se setkáme s takovými společnostmi, které údržbu neberou zcela vážně. Často si nepřipouští, že investované peníze a čas do údržby mají veliký přínos ve formě snížených prostojů, zvýšení životnosti výrobních zařízení, jejich spolehlivosti a také bezpečnosti. [1]

Cílem této diplomové práce bude tedy dokázat, že aplikace systémového řešení údržby bude přínosem pro danou společnost i za předpokladu, že nelze definovat jednoznačné a přesné postupy, které by byly vhodné pro všechny procesy ve všech společnostech. Je proto nutné přistupovat, ke každému stroji či zařízení objektivně a pro jeho údržbu využít znalostí obecně platných metod a zásad. [1]

2 Údržba ve výrobní společnosti

Jak již bylo řečeno, tak údržba má pro výrobní společnost veliký význam. Základem každé moderní společnosti je aplikace metod, které dosáhnou vyšší spolehlivosti, starají se o hmotný majetek, koordinují zásoby a řídí rizika. Všechny tyto činnosti řídí management údržby. [4]

V dnešní době se obzvláště klade důraz na údržbu hmotného majetku. Obsahuje metody a postupy pro řízení nákladů a jejich optimalizaci. Tady je nutné zmínit, že o nákladech se rozhoduje ještě před tím, než se majetek pořídí. Dále se řeší výkonnost hmotného majetku a jejich rizika s nimi spojenými. K tomu všemu je nutné sbírat a monitorovat data, se kterými dále chceme pracovat. [4]

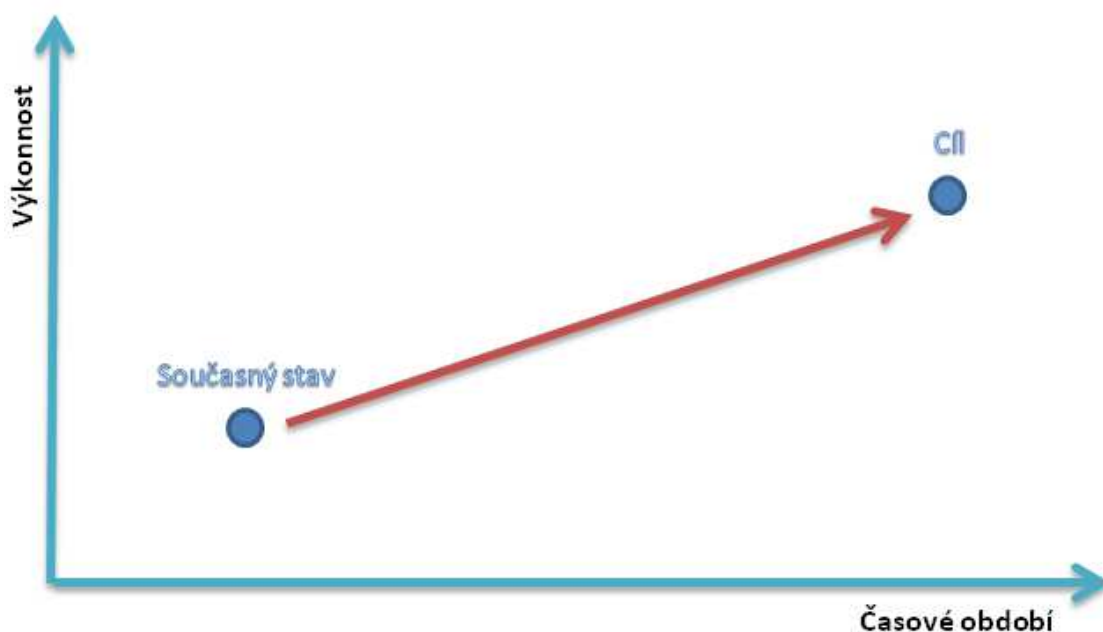
2.1 Strategie údržby

Strategie podniku je úzce spjatá se strategií údržby, kterou udává management. Obecně management znamená řízení týmu, pro dosažení určitého cíle. Manažerské činnosti mohou mít tři směry:

- **strategický:** stará se o tvorbu organizační struktury, definuje pravidla, zajišťuje dostupnost potřebných zdrojů a především nám udává cíle,
- **taktický:** podrobněji se zabývá strategickými směry. Dochází ke konkretizaci cílů a úkolů,
- **operativní:** zabývá se řešením problémů a nedostatků vzniklých při údržbářských činnostech. [4]

Strategickým směrem údržby se zabývá management údržby, který nejprve pracuje na analýze situace současného stavu, definování cíle a postupu k jeho dosažení. Dále rozděluje odpovědnosti údržby a snaží se o systematické zlepšování údržbářských metod.

Data, která sledujeme, musíme dle potřeby konkretizovat a podrobněji rozdělit. Jedná se například o výkonnost (viz Obrázek 1), zajištěnost údržby, preventivní údržbu, servisní náročnost, požadavky na elektro údržbu, doba poruchy v časovém či finančním vyjádření, stav jednotlivých zařízení apod.[4]



Obrázek 1: Strategie údržby - zlepšení výkonnosti [4]

Strategie údržby ovlivňuje výsledky v dlouhodobém časovém horizontu. Mluvíme zejména o:

- zachovávání funkčnosti a provozuschopnosti výrobního zařízení,
- prediktivitě,
- maximální snížení dopadu zařízení na enviroment,
- zajištění bezpečného užívání zařízení dle platných norem,
- účinnosti zařízení,
- vynaložených nákladech na jejich udržování,
- době odstraňování poruch,
- době do nutnosti odstraňování jednotlivých poruch. [4]

Aby docházelo k úspěšné realizaci stanovené strategie údržby, musí být součástí plánu vypracování projektů, které pomohou údržbu zlepšit. Pro vypracování programu je definovaný tým a tzv. deadline, který by měl být dodržen, včetně předepsaného časového harmonogramu. Projekt musí být podrobně vypracovaný a musí být dohlíženo na jeho realizaci. Po realizaci je nutné porovnat stav před realizací a stav po ní. Zde by měly být viditelné zlepšení spolehlivosti, úspory financí a efektivity zařízení za předpokladu, že realizace proběhla úspěšně. [4]

2.2 Hmotný majetek a investiční politika

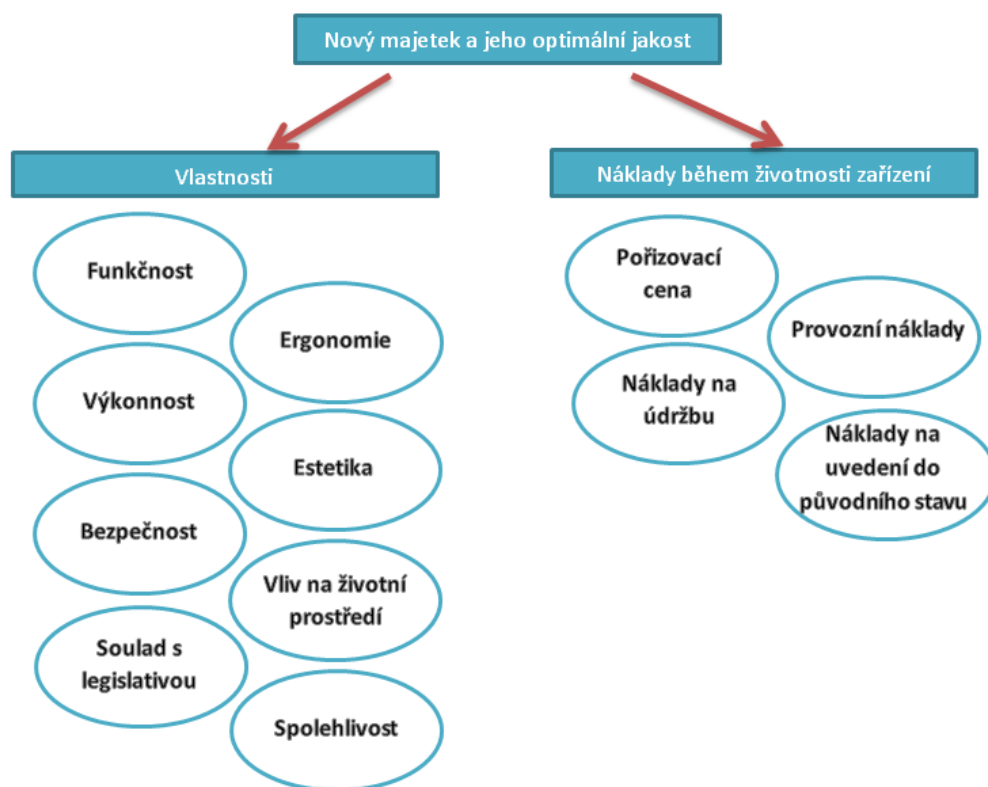
Hmotný majetek musí být řízen po celou dobu jeho životnosti i při jeho pořízování. Jeho řízení zahrnuje pravidla, postupy a nástroje pro dosažení optimálních nákladů, přičemž bereme v potaz výkonost hmotného majetku a rizika. [3]

Pro řízení hmotného majetku nám strategii udává investiční politika. Tu dělíme:

- inovace,
 - nové zařízení,
 - rekonstrukce,
 - modernizace,
- divestice,
 - odprodej HM,
- likvidace,
 - likvidace HM,
 - navrácení do původního stavu. [4]

Provozovatelé a udržovatelé se nesmí zajímat pouze o pořizovací cenu, ale také o životnost, spolehlivost, bezporuchovost, schopnost pracovat se zadanými parametry, udržovatelnost a mnoho dalších vlastností, které jsou nezbytné po celou dobu životnosti hmotného majetku. Nejnižší cena však tyto vlastnosti nezahrnuje [4]

Je třeba vzít v potaz, že při pořízení majetku za nízkou cenu může být nutné v budoucnu investovat daleko více nákladů než do majetku za vyšší cenu. Můžou to být náklady časové, na náhradu komponentů, na seřízení, na prostoje vzniklé nespolehlivostí zařízení apod. Proto zmíněné požadavky v Obrázku 2 musíme porovnat u každé nabídky poskytnuté výrobcem majetku. Bohužel není pravidlem, že každý management podniku respektuje všechny tyto požadavky a často raději přihlíží k nižším nákladům na pořízení. Proto úkolem managementu údržby je prezentovat vliv ostatních nákladů a možných dopadů na vlastnosti pořizovaného majetku. [4]



Obrázek 2: Hmotný majetek a jeho požadavky [4]

2.2.1 Etapy pořizování hmotného majetku

Při pořizování nového výrobního zařízení či při obnově staršího zařízení musíme spolupracovat s výrobcem a dodavatelem zařízení po celou dobu výrobního cyklu. Ten je rozdělen do několika etap:

- **1. Etapa** – požadavky daného zařízení jako je funkčnost, životnost, legislativa, spolehlivost, výkonnost a jeho cyklové časy,
- **2. Etapa** – specifikace daného výrobního zařízení a jeho parametrů, připomínky k danému návrhu,
- **3. Etapa** – poptání zařízení u dodavatelů, kontrola jejich nabídek a výběr dodavatele,
- **4. Etapa** – realizace poptaného zařízení a jeho výstavba,
- **5. Etapa** – převzímka hotového zařízení a zkušební provoz, převzetí a kontrola kompletnosti a technické správnosti dokumentace,
- **6. Etapa** – předání do trvalého provozu, kontrola správné funkčnosti a detailní sledování provozního stavu. [4]

Požadavky na výrobní zařízení stanovuje uživatel, který zná potřeby a vlastnosti požadované u nového majetku. Mezi ně patří:

- **specifikování základních požadavků** – požadovaný počet výrobků vyrobených za hodinu, výkonnost v počtu kusů vyrobených za rok, pracovní čas zařízení za jeden rok a především provozní spolehlivost daného zařízení,
- **specifikování technických parametrů** – maximální tlak v systému, přesnosti daných procesů a jejich stálost,
- **legislativa a jejich požadavky** – mohou být pro vyhrazená zařízení jako je např. tlaková nádoba, analýza rizik, prohlášení o shodě a vliv provozu zařízení na životní prostředí,
- **požadavky na provoz** – počet pracovníků obsluhujících dané zařízení. Dále potom prostředí, ve kterém zařízení bude provozováno. Mezi požadavky na provoz také patří požadovaná kvalifikace personálu, jejich školení a také školení techniků,
- **náklady na provoz,**
- **samotná cena pořízení.** [4]

Nesmíme opomenout, že údržba musí také stanovit požadavky na zařízení vzhledem k jeho udržování a její zajištěnosti. U těchto požadavků se převážně zaměřujeme:

- **provedení konstrukce a její složitost** – výhodou je co největší unifikace a eliminování seznamu náhradních dílů (dále jen ND),
- **volba materiálů** – specifikování materiálů, tak aby byly schopné plnit požadované funkce v požadované přesnosti,
- **systém mazání** - definování maziva, výměny a přístup k celému tribologickému systému,
- **požadavky na preventivní údržbu** – seřízení, čištění, mazání, prohlídky,
- **definování možnosti diagnostiky** – přístup s diagnostickým zařízením, tolerance definovaných veličin, vestavěné zařízení pro diagnostiku,
- **dokumentace pro údržbu** – potřebné zaškolení, technické příručky, náročnost na znalosti údržby, dostupnost ND. [4]

Poptání zařízení u dodavatele a samotný výběr dodavatele či typu zařízení je velice důležitý. Je nutné mít ve smlouvě jasně uvedené požadavky na spolehlivost

a udržitelnost. Při výběru dodavatele, si pak musíme ověřit, zda naše požadavky mohou opravdu splnit a také si musíme ověřit, který z dodavatelů nám navrhuje nejekonomičtější nabídku. Oblíbenou metodou, je výběr daného zařízení pomocí metody LCC, což je anglická zkratka pro náklady branné v potaz po celou dobu životnosti zařízení. V podstatě se jedná o porovnání daného počtu nabídek s náklady, které budeme muset vynaložit jak při jeho pořízení, tak v průběhu jeho celé životnosti. Jedná se o:

- náklady na pořízení,
- provozní náklady za rok,
- náklady na údržbu za rok,
- minimální doba životnosti stroje či zařízení,
- demontáž zařízení po uplynutí jeho životnosti. [4]

Po vyčíslení těchto nákladů a jeho porovnání bude zřejmé, jaké zařízení je ekonomicky výhodnější. [4]

3 Přejímky zařízení a náběh výroby

V této kapitole bych ráda zmínila, jak je důležité, aby se na tvorbě specifikací, schvalování designu, převímky zařízení a náběhu výroby podílel tým pracovníků, který může nové zařízení porovnat ze všech stran. Tím se eliminuje spousta problémů. Bohužel se stále ještě můžeme setkat s tím, že tyto důležité fáze kupování nového zařízení či rekonstrukce staršího, má na starost pouze člověk, který po převzetí do výroby nebude dále se zařízením ve styku. Proto často tyto lidé nelpí na detailech a nemusí plně dořešit odhalené nedostatky. Těmito nedostatky poté trpí pracovníci údržby a samotná obsluha. Nesmím také opomenout, že tyto nedostatky mají negativní vliv na finanční složku. Může se jednat o ztrátu financí z důvodů mnoha prostoje, vyššího cyklového času, z důvodu nekvality, častých oprav apod. [6]

Již zmíněný tým by se měl minimálně skládat z:

- managementu,
- technologa,
- kvality,
- údržby,

- obsluhy zařízení. [6]

Všichni tito lidé jsou velice důležití, jelikož jsou schopni přispět svými znalostmi a zkušenostmi k tomu, aby stroje či zařízení v konečné fázi fungovaly spolehlivě, byly rentabilní, snadno se obsluhovaly, byly bezpečné a snadno udržovatelné.

Institut průmyslového inženýrství se zabývá systematickým zlepšováním těchto výše zmíněných procesů uvedených i v předchozí kapitole. Jedná se především o specifikace, předpřejímky u dodavatele, přejímky dodavatele u zákazníka a samotný náběh sériové výroby. Smyslem tohoto zlepšování je investování maximálního možného času, ještě ve chvíli, kdy nedošlo k zahájení výroby zařízení. Důvodem je, že možný čas pro řešení problémů klesá. Ve chvíli zahájení zkušebního provozu je čas minimální, jak je možné vidět na Obrázku 3. [6]



Obrázek 3: Čas pro řešení problémů [6]

3.1 Specifikace

Každý z týmu se musí k tvorbě specifikací vyjádřit, tak aby obsahovala vše potřebné pro životnost stroje. V podstatě jde o návody, které mají v budoucnu eliminovat problémy v daných místech ještě před tím, než je zařízení vyrobeno. Jak lze vidět na Obrázku 3, tak při tvorbě specifikace máme nejvíce prostoru něco změnit. Cílem je vytvořit specifikaci jasnou, srozumitelnou a jednoduchou. Můžeme ji rozdělit na část obecnou neboli standardizovanou a na část technologickou. [6]

3.1.1 Obecná část

V této části stanovíme jak má daný stroj vypadat nezávisle na tom, jakou funkci bude vykonávat. Jedná se tedy o montážní a demontážní postupy určitých dílů pro snadnou údržbu, umístění ovládacích prvků, připojení k elektrické síti, umístění spouštěcích prvků, způsob výměny nástrojů, upevnění kabelů, rezerva v rozvaděči apod. [6]

3.1.2 Technologická část

V této části se stanovuje technologický postup výroby daného produktu. Cílem je, aby byl daný produkt vyroben v požadovaném cyklovém čase. Tuto technologickou část si řídí technolog daného projektu, i přesto se na tvorbě této části podílí celý tým. [6]

3.2 Přepřejímka zařízení u dodavatele

K ní dochází v předem stanoveném termínu. V tomto okamžiku je již zařízení vyrobeno a připraveno k odzkoušení u dodavatele. Je tedy nutné, aby se účastnil celý tým. Musí se pečlivě zkontrolovat, zda zařízení odpovídá specifikaci. Ideálním řešením je použití kontrolního formuláře, který byl vytvořen na základě předešlých zkušeností. V podstatě se jedná o dotazy směřované na požadavky ve specifikaci. Hlavními důvody přejímky u dodavatele je:

- snížení rizika případných problémů, které by se projeví až u zákazníka,
- kontrola stavu zařízení,
- odhalení nedostatků zařízení,
- možnost nápravy chyb ještě u dodavatele,
- samotné seznámení se strojem. [6]

Během předpřejímky musí dojít k technickým zkouškám. Při nichž musíme být schopni vyrobit daný produkt v parametrech dle výkresu a s určitou opakovatelností. Detailní postup předpřejímky je následující:

1. zahájení předpřejímky,
2. kontrola stroje,
3. kontrola dokumentace, zda odpovídá reálnému stavu a požadavkům,
4. vyhledávání nedostatků stroje v klidovém režimu,
5. vyhledávání nedostatků stroje v provozu,

6. sepsání nedostatků včetně fotodokumentace,
7. specifikování nápravných opatření a dalšího postupu,
8. závěrečné ustanovení s dodavatelem a podepsání zápisů. [6]

Pro zákazníka, který kupuje zařízení od dodavatele je velice důležité, aby byly dostupné všechny záznamy včetně podrobné fotodokumentace. Na základě těchto záznamů bude následovat další předpřejímka, která se bude zaměřovat na kontrolu odstranění bodů uvedených v záznamu z předchozí předpřejímky. V případě, že budou všechny nedostatky odstraněny, může zákazník podepsat souhlas k transportu zařízení do požadované lokace. [6]

3.3 Přejímka zařízení u zákazníka

V tuto chvíli je již dané zařízení u zákazníka neboli odběratele stroje. Předpokládá se, že vše již perfektně funguje a zařízení je schopné plně vyrábět. To však není samozřejmostí. V případě, že se udělala poctivě předpřejímka u dodavatele, tak bychom měli objevit pouze nedostatky z montáže a instalace zařízení, popř. nedostatky z důvodu rozladění stroje během transportu.

Opět nutností na přejímce je účast celého týmu včetně dodavatele. Postupujeme stejně jako u předpřejímky, kdy vyplníme kontrolní formulář určený pro přejímku. Musíme zkontrolovat a zapsat všechny nedostatky. U přejímky se může stát, že objevíme zásadní nedostatek způsobený nevhodným návrhem pro dané výrobní prostředí (prašnost, světelné podmínky apod.). Při objevení daných nedostatků se musí dohodnout nápravné opatření v co nejkratším čase. Až jsou všechny tyto nedostatky odstraněny, tak dojde k podepsání přejímacího protokolu. To vše musí proběhnout ještě před náběhem výroby na daném zařízení. [6]

3.4 Testování výroby a náběh výroby na novém zařízení

Testování výroby nebo tzv. zkušební provoz by měl probíhat za podmínek nejvíce podobných sériové výrobě. Při tomto zkušebním provozu se mělo vyrábět takové množství kusů, abychom byli schopni odhalit problémy. Jako nástroj pro zkušební provoz nám slouží kontrolní list, kde zaznamenáme odchylky oproti požadovanému stavu. [6]

Za nápravu těchto odchylek je zodpovědný dodavatel, který musí zajistit nápravné opatření v co nejkratším čase. [6]

Ve chvíli, kdy proběhlo testování výroby a všechny nalezené odchylky byly již napraveny, tak naplánuje tzv. R@R neboli Run at Rate. V překladu se jedná o výrobu v taktu neboli požadovaném cyklovém čase. Součástí R@R je zaznamenávací formulář, kde evidujeme všechny data z výroby. Scrap, cyklový čas, prostoje a počet kvalitních kusů vyrobených za hodinu. Cílem je sledování provozní spolehlivosti a efektivnosti zařízení. V případě, že je zde odchylka oproti požadavkům ve specifikaci, je nutné definovat akční plán s dodavatelem pro dosažení potřebných cílů. [6]

Od této chvíle by mělo být zařízení schopné vyrábět v sériovém provozu. Práce týmu však s tímto nekončí, jelikož mohou být postupně odhalovány další provozní nedostatky. Ty odhalíme sledováním určitých ukazatelů. Jedná se převážně o množství prostojů, důvodu prostojů, počet vyrobených nekvalitních kusů, náklady na údržbu a jeden z nejdůležitějších ukazatelů - OEE. [6]

Můžeme shrnout, že všechny zvládnuté výše zmíněné úkony, které koná celý tým pro pořízení strojů, zajistí hladký průběh zkušebního provozu a zahájení sériové výroby. V opačném případě může dojít k problémům a dodatečným nákladům, které negativně ovlivní finální cenu stroje či zařízení. [4]

4 CEZ – Celková efektivnost zařízení

Jedná se o porovnání míry využití, míry výkonu a míry kvality daného zařízení. Tento ukazatel by měl být sledován u každého strojního zařízení ve společnosti. Ukazuje nám v podstatě, kolik času daný stroj vyrábí kvalitní výrobky. V případě, že CEZ, nebo v anglickém jazyce OEE, začne klesat pod stanovený limit, tak je nutné zjistit příčinu. Běžně se ve společnostech akceptuje 85% CEZ jako přijatelná efektivita. Na jeho výpočet se používají informační systémy, které generují výsledek samy. Musíme však znát, jak jej vypočítat, abychom byli schopni určit případnou příčinu poklesu CEZ. [6]

4.1 Míra využití


Tu počítáme z času, ve kterém jsme měli stroj k dispozici a odečítáme od něj prostoje. Jedná se například o plánované přestávky, poruchy, plánované prostoje nebo také nedostupnost materiálu. [6]


$$\text{Využití} = \frac{\text{využitelný čas} - \text{prostoje}}{\text{využitelný čas}}$$

Obrázek 4: Výpočet míry využití stroje [6]

4.2 Míra výkonu

Hlavním ovlivňujícím faktorem je ztráta požadované rychlosti z jakéhokoliv důvodu. Lze tedy vypočítat jako počet vyrobených kusů za plánovaný čas. To musíme podělit skutečným časem, ve kterém jsme vyráběli.[6]


$$\text{Výkon} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{plánovaný čas jednoho kusu}}{\text{využitelný čas} - \text{prostoje}}$$

Obrázek 5: Výpočet míry výkonu stroje [6]

4.3 Míra kvality

Tento parametr výrazně ovlivňují nekvalitní kusy, jelikož čas na jejich výrobu jsme investovali zbytečně. Proto vypočteme míru kvality tak, že od počtu vyrobených kusů odečteme počet nekvalitních kusů. [6]


$$\text{Kvalita} = \frac{\text{vyrobené kusy} - \text{nekvalitní kusy}}{\text{vyrobené kusy}}$$

Obrázek 6: Výpočet míry kvality stroje [6]

4.4 CEZ

Z výše uvedených vzorečků jsme schopni vypočítat CEZ. Jedná se pouze o vynásobení těchto třech ukazatelů. [6]



Obrázek 7: Výpočet OEE [6]

Tímto způsobem lehce poznáme, na který parametr je nutné se zaměřit a snížit jeho ztráty. Tento výpočet se musí v každé společnosti standardizovat a uvést jeho přesný postup. [6]

5 Provozní spolehlivost

Spolehlivost je v současné době nedílnou součástí ve všech výrobních společnostech. Spolehlivost a její teorie nám vlastně pomáhá zajišťovat bezporuchovost strojního zařízení. V případě, že tyto metody spolehlivosti podceníme, může dojít k neplánovaným prostojům, vícenákladům a v nejhorším případ k ukončení provozu stroje ještě před uplynutím jeho doby životnosti. Pro zjišťování jejího skutečného stavu využíváme metod technické diagnostiky, a to především nedestruktivní a bezdemontážní. Shrňme-li, tak spolehlivost je schopnost zařízení a stroje vykonávat danou funkci, při požadovaných parametrech a v očekávané jakosti. [5]

Spolehlivost můžeme vyjádřit souborem vlastností, které ji vystihují a jsou uvedeny v normě ČSN EN 13 306:2002 [7]:

- **bezporuchovost:** jedná se o schopnost stroje pracovat nepřetržitě po danou dobu v požadovaných podmínkách,
- **životnost:** schopnost stroje či zařízení zůstat ve stavu schopného provozu do dosažení mezního stavu životnosti,
- **udržovatelnost:** schopnost stroje či zařízení být udržován ve stavu, ve kterém je schopen plnit stanovenou funkci,

- **opravitelnost:** schopnost stroje či zařízení nalézt příčinu poruchy a být opraven a tím i navrácen do stavu, ve kterém může opět konat činnost, pro kterou byl určen,
- **bezpečnost:** schopnost objektu pracovat bezpečně, bez újmy na zdraví způsobené obsluze,
- **skladovatelnost:** je to schopnost objektu zůstat v dobrém technickém stavu při jeho uskladnění i transportu. [7]

Z výše zmíněných vlastností je zřejmé, že samotná spolehlivost zařízení je součástí každého zařízení po celou dobu jeho životnosti. Jak od fáze návrhu projektu, tak během jeho výroby až po samotný provoz zařízení a jeho udržování. Abychom byli schopni provozní spolehlivost udržet, tak musíme dodržovat její obecné požadavky:

- **systémový přístup:** jde o řízení současně souvisejících procesů při dodržení efektivity a účinnosti,
- **procesní přístup:** údržba je efektivnější, když jej bereme jako určitý proces,
- **řízení údržby:** management musí vytvářet takové prostředí, které bude vhodné pro celkovou strategii údržby a jeho řízení,
- **zapojení pracovníků:** braní údržby jako nedílnou součástí každého pracovníka,
- **změna postojů a myšlení:** především v přístupu ke zvyšování znalostí a dovednostní ohledně údržby,
- **analýza dat:** využití informačních systémů ke sbírání dat a jejich následnému analyzování, které slouží k dalšímu rozhodování,
- **stálé zlepšování:** například zlepšování procesů údržby, organizace údržby, sjednocování ND, tvorba postupů a návodů,
- **udržovat výhodné vztahy s dodavateli:** řešení otázky outsourcingu, centralizace údržby nebo také autonomní údržby. [1]

Cílem je dosažení maximální úrovně již zmiňované provozní spolehlivosti, čímž bude zajištěn procesní a systémový přístup v údržbě. [1]

5.1 *Legislativa a bezpečnost provozu v údržbě*

Bezpečnost provozu a ochrana zdraví osob při pracování je velmi důležitou součástí každé společnosti. Evropská bezpečnostní agentura dává každým rokem povědomí o oblastech, na které je nutné se zaměřit. O oblastech, kde vytvořením postupů a nástrojů dojde ke zvýšení bezpečnosti. Před pár lety byla právě vyhlášenou oblastí bezpečnost v údržbě. Součástí této kampaně je uvedeno, že údržba je nosným pilířem pro vytváření bezpečného prostředí v práci. [4]

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak bezpečnost je soubor vlastností, které zajišťují schopnost stroje nebo zařízení pracovat v takovém režimu, který nijak neohrožuje zdraví a život lidí, životní prostředí a nepoškozuje majetek. [4]

5.1.1 *Legislativa v bezpečnosti strojů*

Požadavky na strojní zařízení nám udává oficiálně vydaná směrnice, která byla naposledy vydaná v roce 2006. Její přesný název je 2006/42/ES a je platná pro všechny státy EU. Zařízení, kterých se daná směrnice týká:

- strojní zařízení,
- neúplná zařízení,
- zdvihací zařízení,
- části s bezpečnostní funkcí,
- lana a řetězy,
- přídatná zařízení výměnná. [4]

Každý výrobce strojního zařízení zodpovídá za dodržení této směrnice. Označením CE dává prohlášení o shodě s touto směrnicí. Toto prohlášení může udělit pouze certifikovaný člověk a to na základě analýzy rizik strojního zařízení. Jde o popsání rizik daného zařízení a přijetí určitého opatření, které vede ke snížení tohoto rizika. [4]

Analýzu rizik můžeme provést pomocí třech nástrojů:

- **FMEA:** riziková analýza poruch řeší následky jejich vzniku a zvažuje, jak moc kritické zařízení jsou. Rizika jsou vyjádřeny RPN hodnotou, která vznikne vynásobením třech hlavních hodnotících jevů. Jedná se o pravděpodobnost jejího vzniku, následku poruchy a způsobu detekce,

- **FTA:** u metody stromu poruch se řeší zjištění opravdové příčiny poruch,
- **ETA:** jedná se o tzv. strom událostí, který nám vizualizuje možný stav. [3]

Dalšími požadavky na dokumentaci dle směrnice je příručka s návodem použití, která musí obsahovat:

- hlavní údaje o výrobci,
- označení stroje či zařízení,
- popis zařízení,
- strojní dokumentace, elektro dokumentace, pneu dokumentace, podrobné vysvětlení pro údržbu,
- pracovní postup,
- návody na seřízení, instalaci nebo zapojení,
- uvedené zbytkové rizika a jejich zabezpečení,
- zda je nutné mít ochranné pomůcky, popř. jaké,
- preventivní údržba,
- seznam náhradních dílů,
- návody pro údržbu na přemísťování stroje. [4]

Tyto všechny dokumenty musí být předány zákazníkovi nejpozději do přejímky zařízení. [4]

5.2 Dokumentace v údržbě a její požadavky

Dokumentace v údržbě není důležitá pouze v období před zahájením provozu na novém zařízení, ale také po jeho celou životnost. Z tohoto důvodu se požadavky na dokumentaci dodanou dodavatelem částečně liší od dokumentace údržby. Požadavky na péči o stroje či zařízení jsou uvedeny v normě ČSN EN 13460:2009 [8].

Uvedená norma má dvě části:

- **normativní:** zde jsou uvedeny požadavky na dokumentaci především pro první etapu strojního zařízení. Od návrhu konstrukce až po jeho výrobu. Do toho spadají dokumenty, které dodává výrobce zařízení, jak bylo uvedeno v předchozí kapitole,

- **informační přílohy:** tato část už se zabývá dokumenty, které jsou vytvářené v průběhu provozu zařízení. Jedná se především o postupy, pravidla a kontrolu těchto dokumentů. [8]

5.2.1 Informační přílohy

Součástí je návod, který specifikuje řízení údržby, její přehlednou strukturu a popis daných dokumentů. Jelikož tato část obsahuje 55 dokumentů, vybrala jsem pouze pár z nich pro názorný příklad:

- **audity údržby:** porovnání kritérií a reálných dosahovaných výsledků,
- **nápravné opatření:** navazuje na audit údržby. Jedná se o stanovení akčního plánu, který se zaměřuje na odstranění nedostatků odhalených při již zmíněném auditu,
- **smlouvy o údržbě:** seznam smluv dle normy ČSN EN 13269:2015 [9]
- **kontrola dokumentů:** postupy na kontrolu dokumentace údržby a doplňování aktuálních údajů,
- **MTTR a MTTM:** zde jsou uvedeny postupy pro monitorování času opravy poruchy a času do další nutné opravy zařízení,
- **kritické poruchy:** postupy pro monitorování kritických poruch, tzn. náklady na poruchu, stanovení její příčiny a opatření, které povedou k jejímu odstranění,
- **cíle kvality:** jde o příručku, která uvádí cíle kvality pro údržbu a její řízení. [8]

Je nezbytné, aby se dodržovaly postupy a pokyny po tvorbu dokumentace, jelikož je základem pro systematické udržování zařízení a odstraňování jejich nedostatků. [8]

5.3 Vyhrazená strojní zařízení

V podstatě se jedná o speciální požadavky na zařízení, které se vyznačují vyšším ohrožením vůči člověku a jeho zdraví. Jsou rozděleny do podskupin:

5.3.1 Zdvihačí

Speciální požadavky na zdvihačí zařízení jsou uvedeny ve vyhlášce, která odpovídá č. 19/1979 Sb. Dělí se do dvou skupin, dle kterých jsou určeny intervaly revizí. Nejpozději však musí být provedena do čtyř let od poslední revize. K této činnosti je oprávněn pouze

revizní technik. Dále se provádí revizní zkouška. U jeřábů se měří jeřábové dráhy. Kontrola však probíhá i u komponentů, které slouží pro závěs břemen nebo pro jejich uchopení. [4]

5.3.2 *Elektrická*

Mezi elektrická vyhrazená zařízení spadá takové zařízení, které je v místě možnosti výbuchu plynu, vzniku požáru nebo v prostorech, kde může dojít k zasažení elektrickým proudem a také v dolech. Před tím, než je dané zařízení v provozu, tak musí proběhnout výchozí revize a zkoušky. Samozřejmostí je pravidelná revize dle stanoveného intervalu. Ty se stanovují na základě vnějších vlivů. Tzn., že musíme posuzovat každé zařízení objektivně. Vztít v potaz prostředí a místo, ve kterém probíhá provoz. [4]

5.3.3 *Tlaková*

Patří mezi ně tlakové nádoby, tlakové kotelny, horkovodní a parní kotle. Před tím, než se tyto zařízení uvedou do provozu, tak se musí udělat výchozí revize. Poté krátce po zahájení provozu musí být provedena první provozní revize, nejpozději však do dvou týdnů od zahájení provozu. U každého zařízení je také specifikovaná lhůta do další provozní revize. Nejčastěji bývá uveden jeden rok. Neméně důležitá je tlaková zkouška, která se provádí před uvedením do provozu, při zásahu do tlakové části a po nepoužívání zařízení v obdobích delších než dva roky. Dále probíhá vnitřní revize v určitém intervalu, popř. po větší opravě. Následuje poté zkouška těsnosti. [4]

5.3.4 *Plynová*

Dle vyhlášky ČÚBP č. 85/1978 se musí řídit všechny společnosti, které provádějí rozvody plynů, skladují je nebo přepravují, vyrábí a upravují plyny, plní plynové nádoby, popř. zkapalňují nebo odpařují dané plyny. Stejně jako u tlakových nádob podléhají revizím. První je výchozí revize před uvedením do provozu a provozní revize v intervalu menším než jednou za tři roky. Mezi těmito revizemi probíhá kontrola zařízení a jeho bezpečnosti. Kromě této kontroly probíhá jednou ročně servisní inspekce. [4]

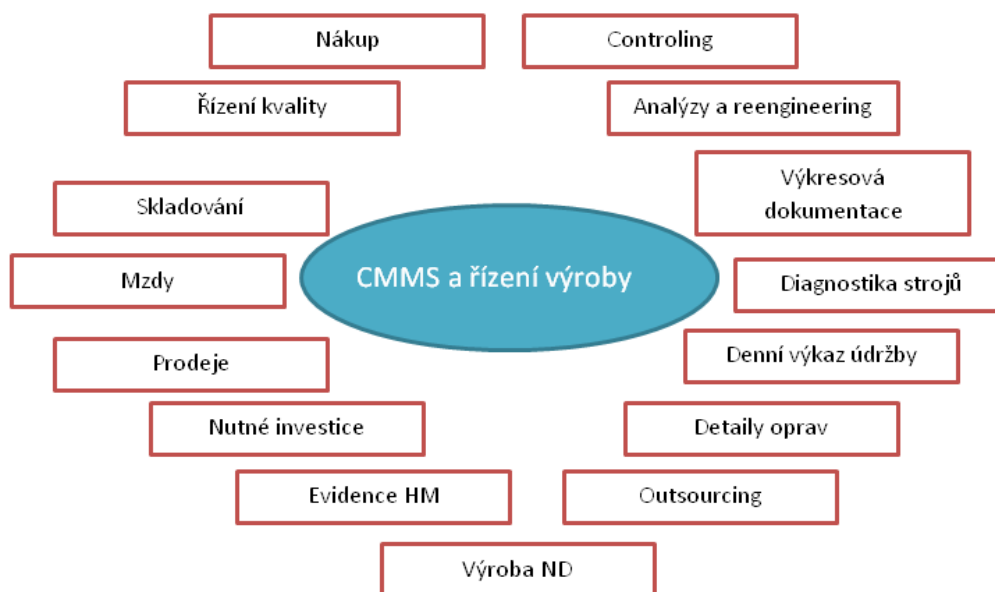
5.4 Informační technologie a údržba

V současnosti jsou informační technologie na velice vysoké úrovni a využívají se téměř v každém odvětví. I pro samotnou údržbu IT přineslo velký pokrok a zvýšení efektivity. IT se totiž stará o plánování údržby a řízení údržby. Je celá řada výhod aplikace IT v procesech údržby. Těmi hlavními jsou:

- soustředování především na údržbu preventivní a eliminování údržby po poruše,
- automatické objednávání ND a rychlý přehled o aktuálním stavu ND,
- redukce ND,
- větší povědomí o zdrojích, jako jsou dodavatelé zařízení a ND,
- možnost vyhodnocování klíčových ukazatelů, jako jsou prostoje a časy opravy poruch,
- evidence HM,
- rozhodování o HM a ukončení jeho životnosti na základě monitorování. [1]

Zavedením IT se eliminoval počet zaměstnanců, kteří byli potřeba na kontrolu dat. Nyní za nás tyto data hlídají informační technologie. Dále došlo k redukci kritických poruch a zvýšila se možnost dodávek „Just in time“ tzn., že se vyrábí právě ve chvíli, kdy je to opravdu potřeba pro další zpracování nebo odeslání zákazníkovi. Všechny uvedené procesy jsou důležité pro udržení konkurenceschopnosti společnosti. [1]

Řízení údržby nám zajišťuje počítačový systém CMMS, který je komplexní a zahrnuje všechny důležité subsystémy procesu řízení údržby i výroby, jak je názorně ukázáno na Obrázku 8. Těchto informačních systémů v praxi existuje mnoho. Záleží tedy na rozhodnutí dané společnosti. Jedná se například o SAP, MAXIMO, CONDATA či MFG-Pro. V těchto systémech můžeme modelovat vztahy, které jsou mezi jednotlivými stroji nebo zařízeními. Pomocí CMMS můžeme také plánovat, jak výrobu, tak preventivní opravy. Dalšími důležitými informacemi jsou historická data. Tzn., je možné porovnávat současný stav a stav, který byl v jakémkoliv minulém období. Tyto informace by měly dát zpětnou vazbu vedení údržby o slabých místech, což nám pomůže stanovovat cíle a určovat priority údržby. [1]



Obrázek 8: CMMS

Jak již bylo zmíněno, tak CMMS je komplexní systém, který je nutný pro řízení jak výroby, tak údržby. Současně se stará i o finančníctví v dané společnosti, jelikož všechny tyto procesy údržby a výroby jsou s nimi úzce spjaté. [1]

Je zřejmé, že bychom v současné době nebyli schopni řídit společnost, údržbu a výrobu bez informačního systému, tak abychom byli schopni zajistit konkurenceschopnost, pracovali efektivně a analyzovali objektivně současný stav. [1]

5.5 Efektivita a její hodnocení pomocí CMMS

Po každé údržbě jsou v informačních systémech zaznamenávány data, které se ukládají. Jedná se například o časy opravy, o čekání na údržbu, detaily spotřebovaných ND během této opravy apod. Na základě těchto dat je možné objektivně ohodnotit údržbu. Informace, dle kterých se efektivita údržby hodnotí:

- prostoje uvedené v časové jednotce za určitou dobu,
- finanční náklady na tyto prostoje,
- ceny ND, které musely být použity,
- mzdy údržby,
- střední doba poruch,
- střední doba do poruchy,

- čekání na údržbu,
- preventivní údržba a náklady na ni,
- náklady na údržbu, která je dělaná po poruše,
- pracnost údržby. [4]

Hodnocení efektivity údržby je složitým procesem a musí se brát v potaz všechna sledovaná data. Byť se mohou zvednout náklady u některých ukazatelů, tak to nemusí bezpodmínečně znamenat zhoršení, jelikož nám může např. ovlivnit snížení nákladů u jiného ukazatele a tím zvýšit spolehlivost. Je proto potřeba individuálně ohodnotit jednotlivé analýzy a stanovit oblasti, na které se dále chceme zaměřit. K tomu všemu nám tyto informační systémy slouží. [4]

6 Návrh výrobní linky její následná optimalizace v Dura Automotive Systems s.r.o.

6.1 O společnosti

Jde o celosvětovou společnost se sídlem v americkém státě Michigan. Její pyšnou majitelkou je významná žena Lynn Tilton, která vlastní mnoho firem z různého odvětví. Dura Automotive dodává do automobilového průmyslu ze čtyřiceti poboček, které jsou situovány v patnácti státech po celém Světě. Její počet zaměstnanců v současné době převyšuje 10 000. Pouze Evropa tvoří 48% zaměstnanců z celé společnosti. Tato společnost se dělí dle vyráběných produktů:

- řídicí systémy,
- konstrukční systémy,
- vnější systémy.

Návrh nové linky a její následná optimalizace se bude týkat závodu v České Republice, konkrétně v Kopřivnici. Ta se specializuje na řídicí systémy ve třech oblastech:

- **řadící systémy:** manuální řadící systémy, automatické řadící systémy,
- **kabelové systémy:** kabely na otvírání kapot a zámků dveří automobilů
- **mechanické montáže:** parkovací systémy, komponenty do převodovky, elektronické parkovací systémy.



Obrázek 9: Řadicí systém pro Nissan Juke [10]

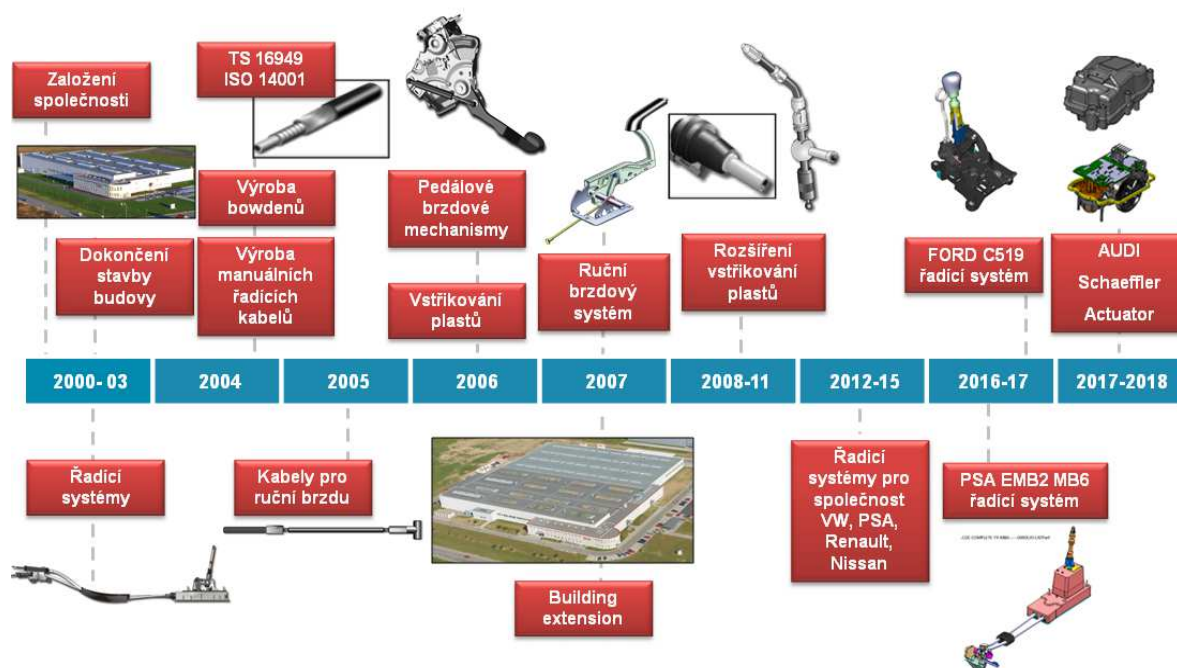
6.2 *Dura Automotive Systems Kopřivnice a její milníky*

Začátky této společnosti situované v Kopřivnici byly v roce 2000, kde začala výstavba závodu na zelené louce. K dostavění došlo v roce 2003. Hned prvním úkolem bylo získání certifikátu norem ISO 9001 a TS 16949, aby Dura mohla začít dodávat jejímu prvnímu zákazníkovi, kterým se stal Volkswagen. V roce 2004 začala výroba řadicích kabelů pro manuální řazení, pro které se začaly vyrábět bowdeny a lanka přímo v závodě. V roce 2005 se zahájila výroba kabelů pro ruční brzdu. Započetím této výroby bylo nutné zvýšit požadavky na kvalitu produktu, jelikož se jedná o bezpečnostní prvek automobilu. [10]

Rok 2006 a 2007 byl pro společnost velice významný, jelikož se implementovalo do výroby mnoho nových produktů. Jednalo se o ruční brzdu. Dále o kabely, které s pomocí zámku slouží k otvírání a zavírání dveří. Jelikož projektů přibývalo velice rychle, tak začalo být zřejmé, že stávající prostory brzy nebudou stačit. Proto se vedení společnosti Dura rozhodlo, že výrobní halu rozšíří téměř o polovinu. Tento taktický krok pomohl uskutečnit rozšíření portfolia v roce 2008 také o výrobu vstřikovaných plastových komponentů. Cílem bylo snížení počtu nakupovaných dílů. [10]

Jelikož byly požadavky zákazníků stále přísnější a kvalita výrobků byla požadovaná na vysoké úrovni, tak se na konci roku 2007 otevřelo Test Centrum, které zajišťovalo testování dílů dle specifikací zákazníka. Tímto se zajistila velická pružnost vůči zákazníkovi, jelikož byla Dura schopná ve velmi krátké době a ve vysoké kvalitě poskytnout reporty ze zkoušek a testů. Díky tomu se toto oddělení stalo neodmyslitelnou částí závodu. [10]

Od roku 2012 se poté každý rok implementovaly výroby řadicích systémů pro různé automobilové společnosti, které budou uvedeny v následující kapitole. Na Obrázku 10 můžete vidět časový snímek implementace daných projektů. [10]



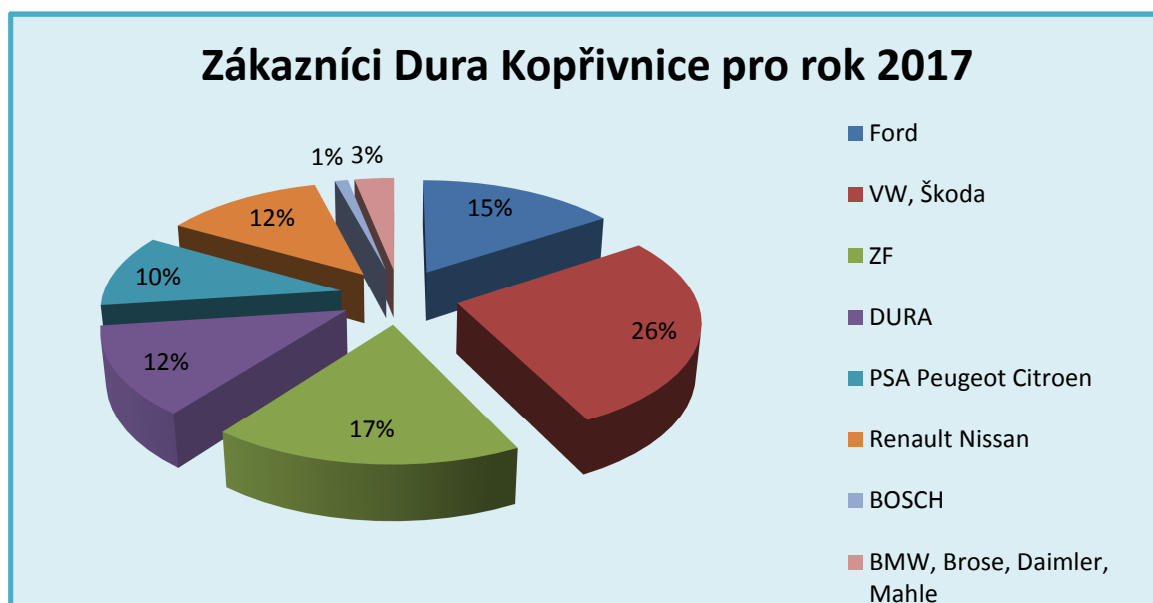
Obrázek 10: Časový snímek implementace nových projektů v Dura [10]

6.3 Dura Kopřivnice v současnosti

Dura Kopřivnice je jedna z nejlepších poboček v rámci společnosti Dura. V tuto chvíli má něco málo přes 600 zaměstnanců. Vzhledem k začínající sériové výrobě nových projektů, toto číslo brzy bude ještě vyšší i přesto, že navyšování počtu zaměstnanců je v současné době velice obtížné. Celý průmyslový park a okolí se potýká s nedostatkem zaměstnanců. [10]

Dura se zaměřuje na výrobu produktů pro téměř všechny významné automobilové společnosti. V Grafu 1 lze vidět procentuální rozdělení výroby produktů pro jednotlivé společnosti za rok 2017. Z obrázku lze jednoznačně říci, že nejvýznamnějším zákazníkem je společnost Volkswagen. Jelikož byla Dura Kopřivnice nominovaná na nový projekt pro tuto společnost, tak podíl produktů bude ještě navýšen. Hned po VW je největší množství produktů vyráběno pro společnosti ZF a Ford. Jedním ze zákazníků Dura Kopřivnice je i samotná Dura. Jedná se především o výrobu conduitů, lanek a plastových vstřikovaných dílů, které jsou prodávány ostatním pobočkám. [10]

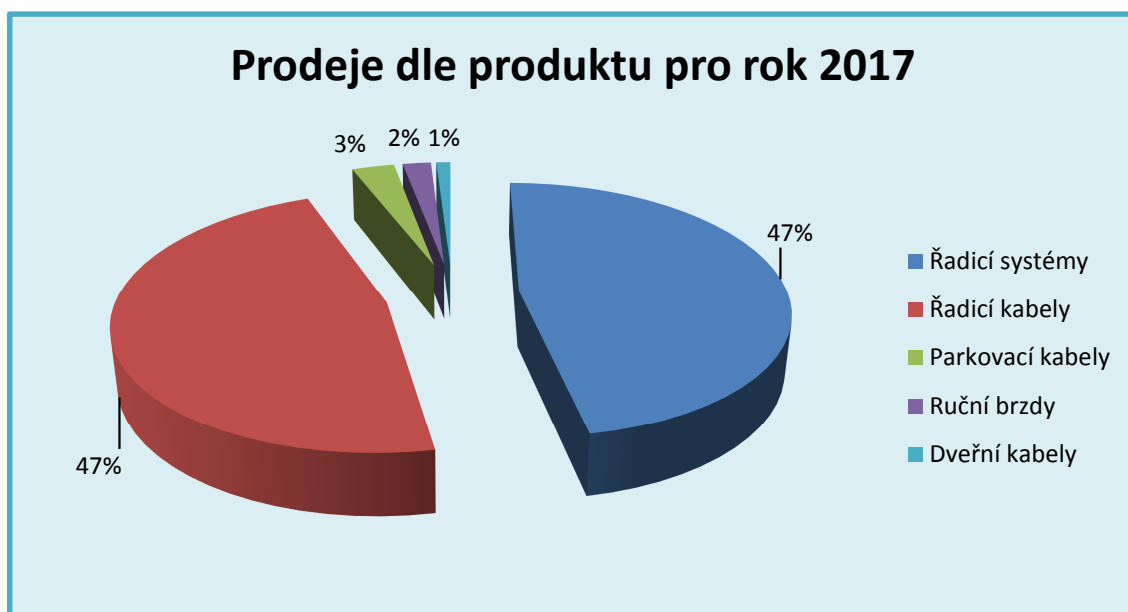
Graf 1: Rozdělení zákazníků pro rok 2017 [10]



V současné době je ročně vyprodukovááno přibližně 36 milionů kusů řadicích kabelů nebo celých řadicích systémů. Výroba probíhá ve výrobních linkách, kterých je v nyní 39. Jelikož manuální řazení není již příliš populární ve Světě, tak cílem společnosti Dura je postupná implementace mechatronicých systémů. Jednou z linek se tedy stala plně automatická výroba aktuátorů pro společnost Audi Schaeffler. Jedná se o úplně novou technologii výroby, která slouží k mechanickému blokování ruční automatické brzdy. Věřím však, že postupně těchto projektů bude přibývat. [10]

V Grafu 2 lze vidět prodej produktů dle jeho typu za rok 2017. Aktuátory zde nejsou zobrazeny, jelikož jejich výroba není ještě ve fázi sériové výroby. V následujícím roce bude graf ovlivněn i o výrobu projektu EMP2-MB6, což jsou řadicí systémy pro PSA Peugeot Citroen, kterým se budu zabývat v následujících kapitolách. Z grafu je také viditelné, že výroba kabelů pro ruční brzd a samotná ruční brzda tvoří pouze nepatrné množství prodejů. Je to z toho důvodu, že automobilové společnosti implementují do nových aut automatické systémy. Naopak 1% prodej kabelů pro otevírání dveří není z toho důvodu, že by se již přestaly používat, ale jejich výroba byla z velké části přesunuta do pobočky Dura Timisoara. [10]

Graf 2: Prodej dle produktu pro rok 2017 [10]

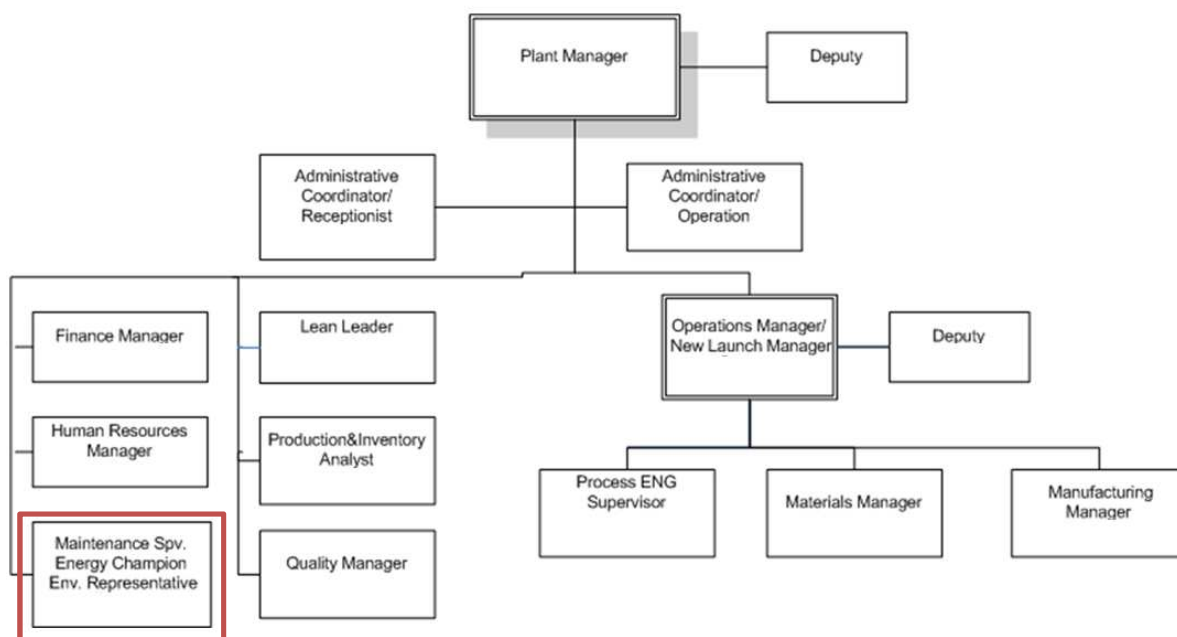


6.4 Organizační struktura Dura Kopřivnice

Od počátku roku 2017 se velice zásadně změnila organizační struktura. V předchozích letech byli všichni zaměstnanci rozděleni do tří týmů, kde každý tým měl svého manažera. Manažer daného týmu zastřešoval jak výrobu, tak i práci všech techniků a dalších oddělení, které do týmu patřily. Bohužel tato organizační struktura nebyla úplně efektivní a nefungovala, tak jak bylo očekáváno. Z tohoto důvodu došlo ke zrušení třech týmů, které nahradily pouze týmy dva:

- **tým předvýroby:** do tohoto týmu patří všechny lokace, které se zabývají výrobou conduitů, lanek, vstřikovaných dílů a všech dalších dílů, které jsou dále zpracovávány ve výrobních linkách,
- **tým finální montáže:** do toho týmu patří všechny výrobní linky.

Do každého z týmu patří procesní inženýr/technolog, inženýr kvality, specialista štíhlé výroby, mistr výroby a operátoři. Rozdíl oproti předchozí organizační struktuře je ten, že každý z těchto lidí má za svého přímého nadřízeného manažera toho daného oddělení a pozice manažerů týmů byly zrušeny. Tato organizační struktura napomohla k větší efektivitě práce, jelikož jeden nadřízený má pod sebou méně zaměstnanců, kterým se může věnovat. Detailní organizační struktura je zobrazena na Obrázku 11. [10]



Obrázek 11: Organizační struktura Dura Kopřivnice

Jak lze vidět z Obrázku 11, tak oddělení údržby je přímo podřízené řediteli závodu. Toto se nijak nezměnilo oproti předchozí organizační struktuře. Do oddělení údržby patří programátoři PLC systémů, nástrojáři a samotní údržbáři zařízení. [10]

6.5 Vedení Dura Kopřivnice

Systém společnosti je založen na základě norem ČSN EN ISO 9001:2016 a ČSN EN ISO 14001:2016, kde jsou uvedeny požadavky na kvalitu a požadavky na environmentální management. Dále do roku 2018 byla společnost řízena i na základě normy ISO/TS 16949:2009. Z této normy se však přešlo na normu IATF 16949:2016. Tato norma byla ve společnosti Dura certifikovaná v dubnu 2018 bez výraznějších odchylek.

Samozřejmostí velké společnosti je jednotné řízení systému. V celé společnosti Dura je implementovaný systém DOS – Dura Operation System a jeho manuálem je AOEMS neboli Achieving operational excellence management system, což v překladu znamená „Dosažení výrobní dokonalosti managementem systému“. [11]

V rámci AOEMS jsou uvedeny používané standardy platné pro všechny pobočky Dura. Může to například být:

- APQP standard,
- FMEA standard,

- speciální požadavky zákazníků,
- další řízené dokumenty. [11]

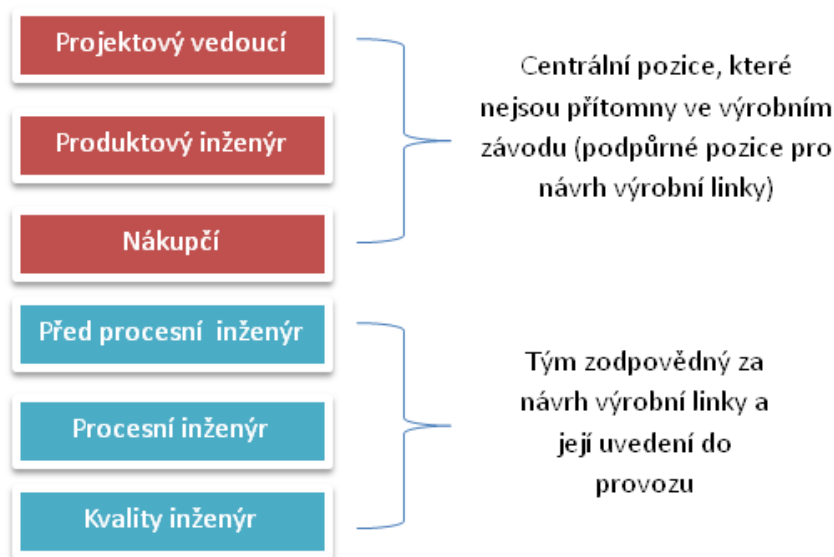
Vize a poslání DOS systému řízení:

- **vize:** dosáhnoutí jedné z předních světových společností, která bude vidět a bude úspěšná ve všem, co dělá,
- **poslání:** stát se společností s excelentní kvalitou a provozní dokonalostí a neustále zlepšovat procesy. Dosáhnout tak naprosté spokojenosti interních i externích zákazníků. [11]

Je důležité, aby do řízení systému byli zahrnuti všichni pracovníci, respektovali tyto systémy a pracovali na neustálém zlepšování. [11]

6.6 Návrh výrobní linky a její uvedení do provozu – současný stav

Návrh výrobní linky a její uvedení do provozu je několikaměsíční proces, který se započíná informací o tom, že je Dura nominovaná na daný projekt. Již předem je známý zodpovědný tým o těchto pozicích:



Obrázek 12: Projektový tým [autorka]

Jak je vidět na Obrázku 12, tak se na návrhu výrobní linky podílí pouze tři členové z celého projektového týmu. Ve skutečnosti před procesní inženýr a procesní inženýr spolu sepíší specifikaci zařízení včetně výrobního postupu. Kvality inženýr se vyjádří, zda

by chtěl něco doplnit z pohledu kvality. Často se jedná o přidání kontroly nějakého komponentu či upřesnění specifikace finální kontroly. S touto specifikací jsou kontaktováni dodavatelé. Tito dodavatelé zpracují cenovou nabídku. Je vybrán ten dodavatel, který vypracoval nejvýhodnější nabídku.

Součástí výroby nového zařízení je schvalování designu ještě před započatím výroby zařízení, dále po výrobě zařízení následuje testování u dodavatele. Až jsou všechny nedostatky odstraněny, tak dochází k převozu zařízení k zákazníkovi, tedy do společnosti Dura. Po zkušební výrobě je zařízení předáno výrobě. Tzn., může začít sériová výroba produktu. Jak je z postupu zřejmé, tak se k výrobnímu zařízení nevyjadřuje žádné další oddělení. Údržba, specialisté štíhlé výroby, mistři, operátoři a další zaměstnanci toto zařízení vidí již v provozu. V tuto chvíli je těžké neboli téměř nemožné něco měnit, vylepšovat a zdokonalovat. Přejde na spoustu nedostatků, které by mohly být odhalené mnohem dříve a zároveň i odstraněné. Je tedy velice pravděpodobné, že linka nebude splňovat všechny důležité znaky jako je:

- cyklový čas zařízení,
- ergonomie,
- co nejmenší množství nových náhradních dílů,
- vybalancované zařízení (počet operátorů a cyklový čas stanic, tak aby nevznikalo úzké místo).

Systém řízení nových projektů a nových zařízení je jednoznačně nedostačující. Je důležité navrhnout takové technické postupy, které nám zaručí provozní spolehlivost daného zařízení, zajistí bezpečnost, ergonomičnost a budou ekonomické.

6.7 Návrh výrobní linky a její uvedení do provozu – technický návrh vylepšení

Je zřejmé, že cíl pro technický návrh je ten, aby se předešlo co nejvíce nedostatkům nové výrobní linky ještě ve fázi návrhu a poté, aby došlo k pečlivé přejímce zařízení u dodavatele. Čas a energie investované v těchto fázích nám zajistí vyšší provozní spolehlivost v průběhu celé životnosti dané výrobní linky.

Jako první bylo nutné si uvědomit, že nový systém a postupy musí vzejít z informací všech lidí, kteří budou v kontaktu s novou linkou ne jen na začátku, ale po celou dobu její životnosti. Na základě toho byl tedy sestaven tým a uskutečněný brainstorming. Cílem

brainstormingu bylo sepsání všech návrhů, které by mohly pomoci k sestavení nových postupů a řešení návrhu nového zařízení či linek. Zápis z brainstormingu:

- **PFMEA:** vypracování procesní FMEA ještě, před tím, než se zpracuje specifikace. Procesní inženýr ji nesmí vypracovat sám, ale v týmu. Na základě PFMEA se pak do specifikace určí kontroly a detekce jednotlivých komponentů produktu.
- **specifikace nové výrobní linky:** sepsání specifikace, která bude rozdělená na dvě části. Jednou z nich je část obecná, která bude univerzální pro návrh všech linek v Dura. Bude obsahovat všechny technické a speciální požadavky na zařízení. Cílem je, aby každá stanice fungovala na stejném principu. To ulehčí práci jak, údržbě, tak samotné obsluze. Druhá část specifikace bude zaměřená na samotný produkt, který má být na lince vyráběn. Bude se tedy jednat o technologický postup výroby a požadavky na něj. Tato část musí být upravena vždy k tomu danému produktu, jelikož jeho design je u každého projektu různý. Liší se i požadavky na testování a výrobu pro každého zákazníka,
- **seznam doporučených dílů:** vypracování seznamu doporučených náhradních dílů, má pomoci k tomu, aby byly použity na nové lince ta čidla, senzory a další komponenty, které jsou již drženy skladem. Pro úsporu peněz je vyvíjen tlak na co nejmenší zásoby náhradních dílů,
- **schvalování designu u dodavatele:** za účasti celého týmu,
- **zkušební provoz u dodavatele:** za účasti celého týmu včetně obsluhy zařízení,
- **optimalizace výrobního zařízení:** po započetí výroby na daném zařízení odstraňovat postupně i drobné nedostatky. Sepisování neshod a tvoření akčního plánu pro jejich odstranění.

Na základě těchto podkladů z brainstormingu je nutné pracovat na jednotlivých bodech a stanovit přesné postupy a pokyny pro všechny členy týmu. Práce se bude průběžně monitorovat a sledovat. Budou zavedeny pravidelné schůzky, na kterých se bude zaznamenávat progres v jednotlivých bodech zmíněných výše.

7 Aplikace technického návrhu na daný projekt

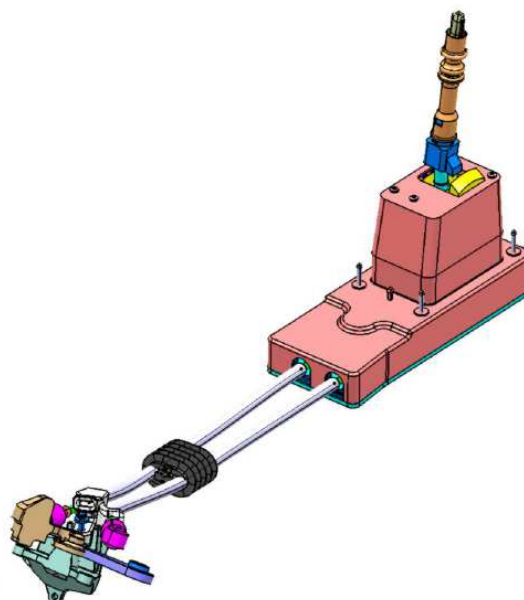
Pro aplikaci technického návrhu musí být vybrán projekt, pro který je nutné navrhnout nové zařízení. Jelikož jsem zodpovědná za projekty pro PSA, tak jsem vybrala nový projekt MB6. Jedná se o kompletní řadicí systém. Projekt je rozdělen na tři výrobní varianty, tzn., nová linka musí být schopná při patřičném přenastavení vyrábět každou z nich. Varianta A má začátek sériového provozu v lednu 2018. Varianta B, která je téměř totožná jako varianta A má začátek sériového provozu v srpnu 2018 a varianta C v červnu 2018. Tyto varianty je možné vidět v autech zobrazených na Obrázku 13:

- Peugeot 308,
- Peugeot 3008,
- Peugeot 508,
- Citroen Picasso [12].

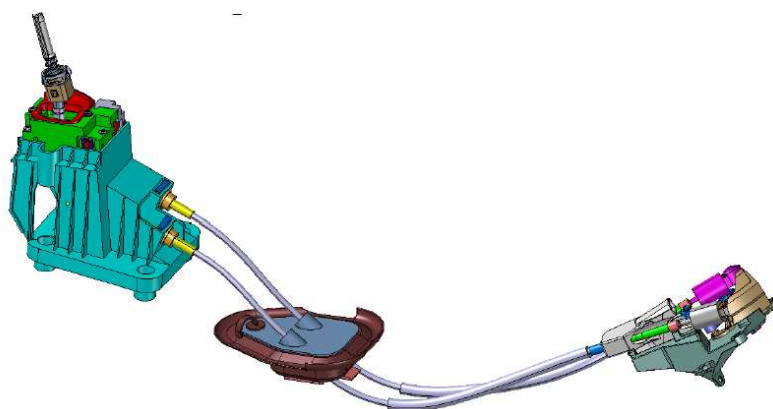


Obrázek 13: PSA automobily s řadicím systémem MB6 [12]

Design jednotlivých variant je zobrazen na Obrázku 14 a 15. Skládají se z kabelů, které pomocí přímočarého pohybu přenáší sílu mezi řadicí pákou a převodovou skříní. Dále z řadicího modulu, který slouží jak k připevnění řadicího systému v autě, tak ke spojení řadicích páky a kabelů. Dle délky páky a jejího zahnutí je stanoven silový převodový poměr. Tzn., že síla, kterou je nutné vyvinout při zařazení dané rychlosti je mnohem menší než síla, která působí na převodové skříní.



Obrázek 14: Varianta A i B [12]



Obrázek 15: Varianta C [12]

7.1 Tvorba procesní FMEA

Procesní FMEA je nástroj, který slouží k určení míry rizika, která je udávána hodnotou RPN. Tato hodnota se vypočítá vynásobením míry závažnosti daného defektu, jeho četnosti a možnosti detekce. Všechny tyto tři ukazatele jsou uvedeny v klasifikačním katalogu o stupnici 0 až 10. Každý zákazník má specifické požadavky na hodnotu RPN. Standardně by se však hodnota RPN neměla dostat nad 100.

Do současnosti byla FMEA vypracovávána až po tvorbě specifikace a pracoval na ni pouze procesní inženýr. Stávalo se tedy, že nebyly brány v potaz všechny potřebné detekce a kontroly, tak aby nebyla ohrožena funkčnost daného produktu. Běžnou praxí tedy bylo přidávání těchto detekcí až po zahájení sériové výroby na daném zařízení. Tím se razantně snižovala procesní spolehlivost zařízení, jelikož není vždy možné navrhnout

dodatečnou detekci dle požadavků, tak aby se neovlivnilo již funkční zařízení. Aby FMEA mohla být pečlivě vypracovaná, je nezbytné, aby se na tom podílel tým lidí. Ten byl podle dostupnosti stanoven z těchto pracovních pozic:

- před procesní inženýr,
- procesní inženýr,
- kvality inženýr,
- manažer kvality.

Ještě před tím než se FMEA začala zpracovávat, tak celý tým provedl celodenní workshop v prototypové dílně, kde byla možnost vidět jednotlivé komponenty celého řadicího systému včetně jeho montáže. Nejdříve se musí daný produkt poznat a pochopit jej tak, aby se na něj mohl navrhovat proces.

Následně byly v týmu sepsány montážní operace, k nimž se sepsaly jednotlivé kroky procesu, které jsou požadovány. Specifikovaly se možné defekty a jejich dopad na zákazníka, dle kterého se určila míra závažnosti. Následovalo stanovení četnosti těchto poruch, určení příčiny a způsob preventivního opatření. Jako poslední se určil způsob detekce daného defektu. Při takto detailním rozpadu procesu jsou snadno viditelná místa, u kterých je nutné přijmout přísnější opatření prevence či detekce. Na Obrázku 16 lze vidět výřez dvou kroků z operace č. 1, kde se montuje řadicí páka s ložiskem a domkem pro ložisko.

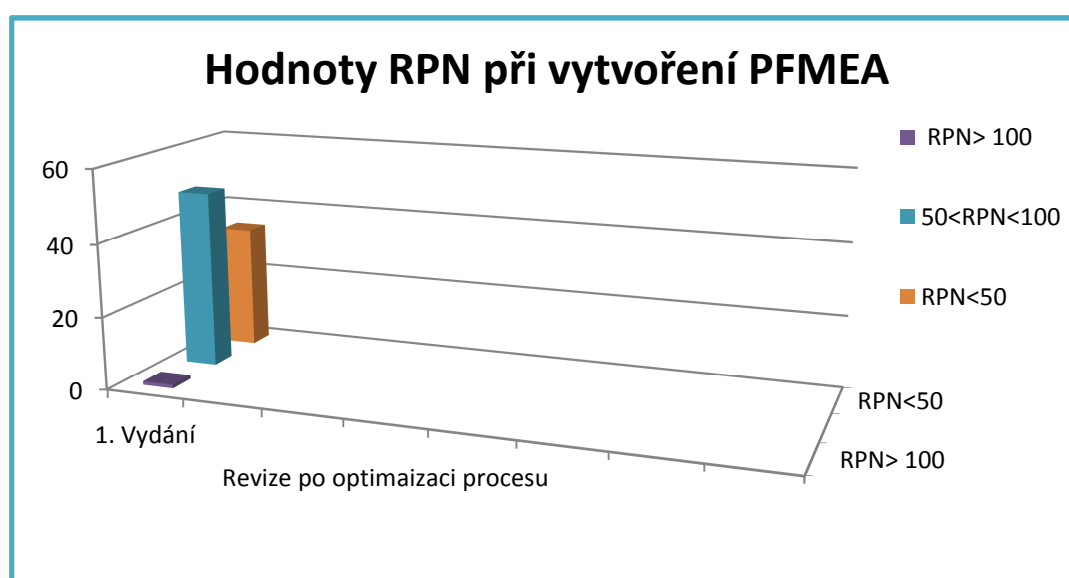
Název procesu	Č. kroku	Funkce procesu	Defekt	Dopad na zákazníka	Závažnost	Příčina	Četnost	PCP	Aktuální informace				
									SC	Prevence	Způsob detekce	Detekce	RPN
Op. 10 Předvýroba páky	1	Použitá správná reference páky	Zamontovaný jiný typ páky	Nelze zamontovat do auta	8	Chyba operátora	3			Pracovní instrukce, školení operátorů, zpětná sledovatelnost	Detekce senzorem v přípravku pro mazání páky	2	48
	2	Montáž spodního tlumiče páky	Spodní tlumič páky chybí	Hluk	4	Chyba operátora	3			Pracovní instrukce, školení operátorů, Poka Yoke	Detekce senzorem	2	24
			Špatný typ spodního tlumiče	Hluk	4	Chyba operátora	3			Pracovní instrukce, školení operátorů, Poka Yoke	Detekce senzorem	3	36
			Tlumič ve špatné pozici	Hluk	4	Chyba operátora	3			Pracovní instrukce, školení operátorů, Poka Yoke	Detekce senzorem v montážním přípravku pro správnou pozici	2	24

Obrázek 16: PFMEA [autorka]

PFMEA je dokument, který se musí aktualizovat v průběhu celé životnosti projektu. V této fázi je to tedy pouze příprava pro sepsání specifikace. Další aktualizace se naplánovala po přejímce zařízení a následné optimalizaci procesu po zkušebním provozu. FMEA se musí vytisknout a přímo ve výrobní lince projít operaci po operaci, pro ověření všech hodnotících kritérií. V tuto chvíli by se měly snížit hodnoty RPN, jelikož v této fázi by už měl být proces odladěný tak, aby rizika ohrožení produktu pro zákazníka byly co nejmenší.

Aktuální stav RPN po vytvoření FMEA je zobrazen v Grafu 3. Po aktualizaci budou doplněny hodnoty v připravené části grafu určené po revizi.

Graf 3: Hodnoty RPN při vytvoření PFMEA [autorka]



Tabulka 1: Počet hodnot dle velikosti RPN [autorka]

	1. Vydání	Revize po optimalizaci procesu
RPN > 100	1	
50 < RPN < 100	49	
RPN < 50	34	

Z Grafu 3 a Tabulky 1 je zřejmé, že je problém s jednou hodnotou RPN, která je větší než 100. Převážná většina RPN hodnot je větší než 50. Cílem tedy bude tyto hodnoty minimalizovat a maximalizovat hodnoty, které jsou v oranžovém sloupci.

7.2 *Tvorba specifikace nové výrobní linky*

Do současnosti nebyla sepsána specifikace, která by zahrnovala všechny nutné informace o zajištění toho, aby všechna navržená zařízení byla postavena s určitými standartními prvky. Stávalo se tedy, že údržba musela ke každé výrobní stanici či lince přistupovat individuálně. Tento způsob návrhu nových zařízení prodlužoval prostoje při poruše a spotřebovával finance a udržování velkého skladu náhradních dílů. Stejně jako u tvorby FMEA se pro tvorbu specifikace nové výrobní linky definoval tým, který by byl schopný do ní zahrnout vše potřebné pro eliminování problémů po zahájení výroby na daném zařízení.

Tým pro tvorbu specifikace:

- před procesní inženýr,
- procesní inženýr,
- kvality inženýr,
- vedoucí údržby,
- vedoucí týmu operátorů,
- specialista štihlé výroby.

Vypracovaná specifikace má dohromady 45 listů, proto pouze stručně shrnu nejdůležitější body.

7.2.1 *Úvod*

Obsahuje základní informace o požadovaných termínech jednotlivých fází pořizování nového zařízení. Dále se zde nachází údaje o produktu. Předpokládaný počet výrobků ročně, předpokládaná směnnost linky, požadovaný počet výrobních stanic a počet operátorů, kteří budou dané zařízení obsluhovat.

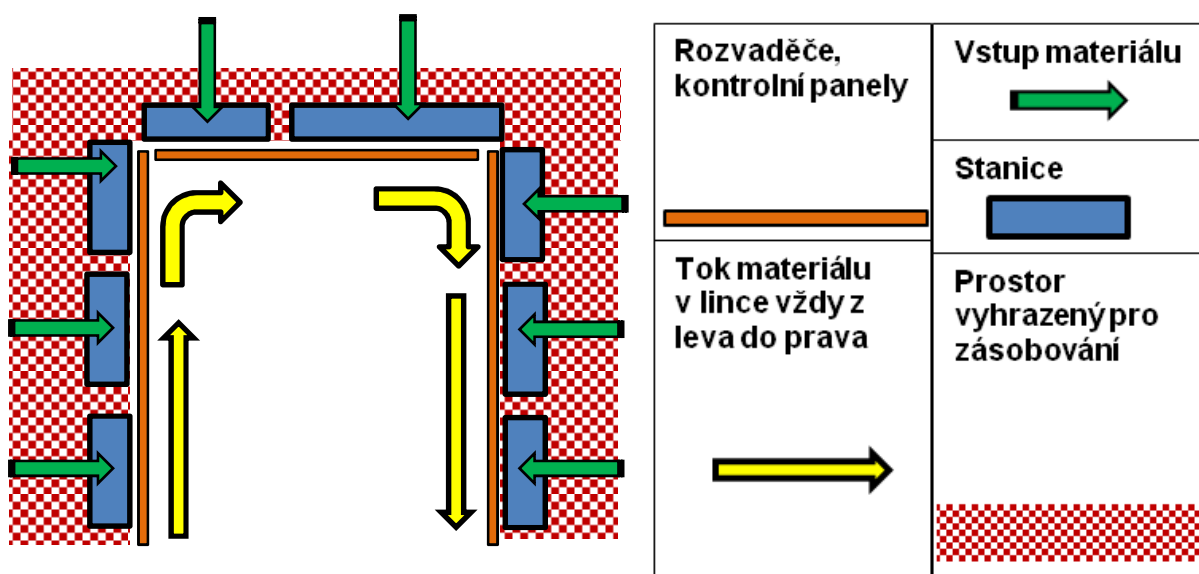
7.2.2 *Obecné požadavky na zařízení*

V obecných požadavcích jsou zapsány standardy a požadavky, dle kterých musí dodavatel zařízení vyrobit:

- **bezpečnost:** zařízení musí být v souladu s nejnovějšími normami bezpečnostními, hydraulickými, elektrickými, pneumatickými a životního prostředí,
- **odsouhlasení designu:** celý Dura tým musí mít možnost schválení designu zařízení ještě před zahájením jejich výroby. Dura rozhodne o vhodnosti použití určitých prvků. Musí být doložen seznam použitých typů ventilů, válců, čidel a dalších komponent. Díky tomu může celý tým předejít nevhodné konstrukci zařízení či nesplnění požadavků specifikace.
- **stavba zařízení:** v tomto bodě specifikace si Dura vyhrazuje právo průběžně kontrolovat stav stavby zařízení. Lze tedy včas odhalit nedostatky vůči specifikaci,
- **předpřejímka zařízení:** v předem stanoveném termínu celý tým zkontroluje kompletnost zařízení u dodavatele. Ověří, zda jsou splněny všechny body specifikace a zda zařízení vyrábí v cyklovém čase a se stabilní kvalitou. V případě, že je vše v pořádku, Dura schválí převoz zařízení do výrobního závodu.
- **přejímka zařízení:** kontrola zařízení probíhá již ve výrobním závodě Dura. Zařízení musí splňovat všechny zákonné nařízení, všechny body specifikace a musí být předána kompletní dokumentace, včetně certifikátů. Zároveň musí být podepsaný přejímací protokol, který je součástí řízené dokumentace společnosti Dura. Až od této chvíle má Dura právo provozovat zařízení bez účasti dodavatele,
- **dokumentace:** součástí dokumentace musí být pracovní instrukce pro zařízení, seznam náhradních dílů, včetně jejich dodavatelů, kompletní výkresovou dokumentaci, 3D data všech zařízení, elektrické a pneumatické schémata, zálohy SW, seznam používaných maziv a olejů včetně bezpečnostních listů, pokyny pro údržbu, certifikáty tlakových nádob, CE certifikát, prohlášení o shodě a riziková analýza,
- **vzhled a značení zařízení:** v této sekci je popsáno, jaká barva musí být použita na daný materiál a jaké materiály jsou povoleny. Dále jsou zde popsany pokyny pro značení stroje,
- **ergonomie:** jedná se o technické řešení, které zajistí co nejlepší pracovní proces a zároveň co možná nejpohodlnější podmínky pro obsluhu zařízení.

Jsou zde uvedeny maximální a minimální rozměry daného zařízení. Poté jsou rozděleny pracovní oblasti dle vzdáleností, které jsou přijatelné pro obsluhu zařízení. Tzn., určili jsme, kolik % manuálních operací je akceptováno v dané vzdálenosti. Je zde zmíněn i typ světla, který může být použitý pro každé pracoviště,

- **požadavky štíhlé výroby:** jde zde specifikovaný tok materiálu, umístění rozvaděčů a kontrolních panelů, místo pro zásobování a vstup materiálu. Graficky je to znázorněno na Obrázku 17,



Obrázek 17: Rozložení výrobní linky [13]

- **mechanické požadavky na výrobní zařízení:** jsou zde uvedeny požadavky na mechanické části stroje. Rozmístění rozvaděčů a ovládacích prvků musí být z přední části stroje a nesmí přesahovat jeho půdorys. Důvodem je rychlý přístup tomuto zařízení a možnost dát k sobě zády dvě výrobní stanice. Dalším z požadavků je rychlá výměna přípravků bez použití náradí. Všechny senzory, kamery, pneumatické hadičky a elektrické vodiče musí být chráněné před poškozením. Ve specifikaci jsou také zmíněné požadavky na přístup pro údržbu. Dále požadavky na zařízení, které ovlivňují přepravu zařízení a v neposlední řadě požadavky na bezpečnost. Dura preferuje optické závoje, nikoliv obouruční tlačítka,
- **požadavky na pneumatický systém:** specifikace určuje požadavky na tlak přiváděný do stroje, umístění pneumatických prvků, typy ventilů a barvu pneumatických hadiček. Černá barva hadičky zajišťuje nastavení

pneumatického válce do výchozí pozice a barva modrá zajišťuje nastavení pneumatického válce do pracovní pozice,

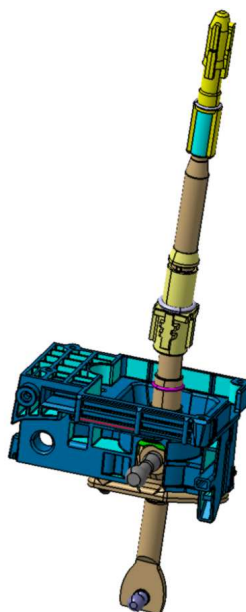
- **požadavky na mazací systém:** v případě, že je na výkrese uvedený požadavek na množství maziva „od-do“, tak musí být použité přesné dávkovací ventily. V případě, že je uvedené pouze minimální požadované množství, tak může být použitý průtokový ventil. Tlakové nádoby musí mít certifikát a zhotovenou tlakovou zkoušku. Musí být hlídáný stav maziva v zásobníku,
- **elektro požadavky:** jedná se o všechny požadavky na elektrickou část, návrh senzorů a Softwarovou část zařízení. Velice důležitou částí je zobrazování informací na dotykovém panelu. Součástí by měla být možnost v manuálním režimu vidět čidla, která jsou sepnutá či nikoliv. Urychluje to dobu opravy poruchy. V automatickém režimu by mělo být napsáno krok po kroku, jak má obsluha zařízení postupovat pro výrobu produktu na daném zařízení.

7.3 Technické požadavky – technologický postup

Technologický postup je stanoven procesním a před procesním inženýrem. Pro každou výrobní stanici je určen způsob montáže. Pro každou výrobní stanici je uveden seznam komponentů, které se budou ve stanici používat. Také je stanoveno, že se musí dodržet PFMEA v rámci detekcí a prevencí. Musí být hlídáné správné založení dílů a zajištěna separace případných NOK dílů.

7.3.1 Předmontáž řadicí páky

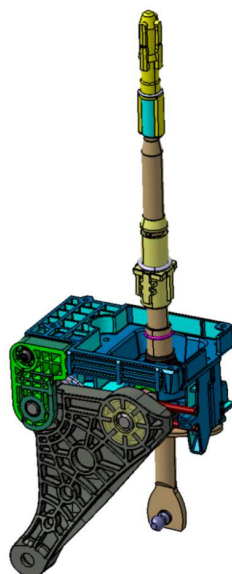
Obsluha zařízení vloží spodní tlumič triggeru do pohyblivých čelistí, které se následně roztáhnou. Poté mezi čelisti založí řadicí páku na doraz. Páka je v koncové poloze uvolněna. Tento stejný proces se bude opakovat pro nasazení horního tlumiče páky. Dále následuje vložení páky do mazacího přípravku. Mazání proběhne po uzavření horní části přípravku. Obsluha poté páku vyjme, založí do přípravku dolní uložení, vloží páku a přidá horní uložení. Pomocí přípravku natáhne prachovku na horní uložení do přesné polohy. Na páku a horní uložení se vloží mechanická opora, která se zašroubuje s dolním uložení. Finální díl z této výrobní stanice je zobrazen na Obrázku 18. Takto se posílá na další operaci.



Obrázek 18: Předmontáž řadicí páky POM A [13]

7.3.2 Sestava modulu řadicí páky

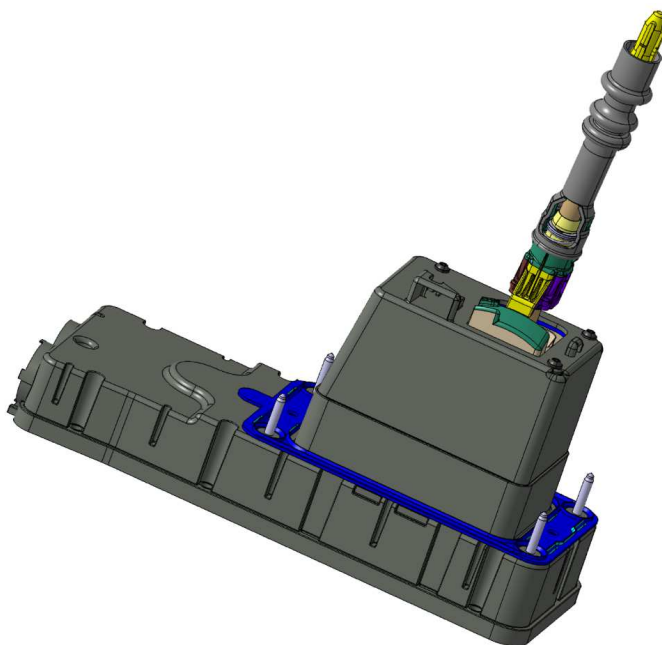
Obsluha zařízení založí sestavu z předchozí operace do přípravku, ve kterém se uzamkne. Dále obsluha uchopí pružinu selectové páky a nasadí na ni ochranný návlek. Pružinu nasadí na selectovou páku, která je uložena v přípravku. Po správném založení dojde k namazání selectové páky. Obsluha zařízení zalisuje ložisková pouzdra do mechanické opory a přídatného dílu. Selectová páka se vloží do těchto pouzder a přišroubuje s přídatným dílem. Ok výrobek, který lze vidět na Obrázku 19 je poslán na další operaci.



Obrázek 19: Sestava modulu řadicí páky POM A [13]

7.3.3 Montáž řadicí páky a triggeru do domku

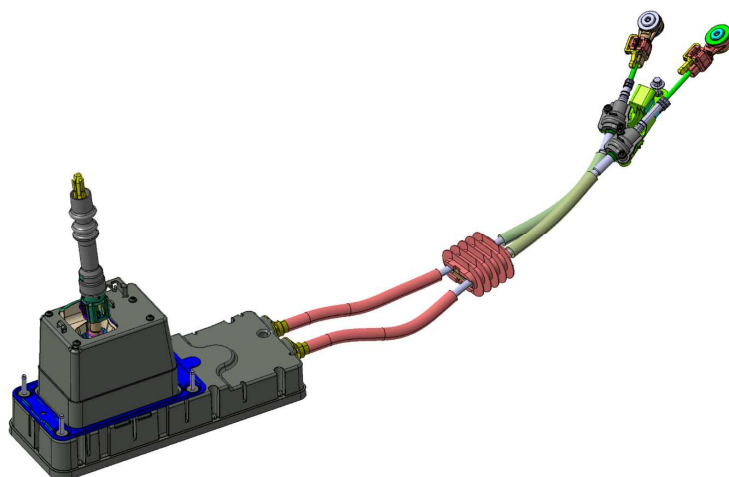
Obsluha zařízení vloží do přípravku sestavu z předchozí operace. Uchopí kulisu zpátečky a vloží do mazacího zařízení. Namazanou kulisu zpátečky vloží na modul řadicí páky. Poloautomatickým šroubovákem ji obsluha zašroubuje dvěma šrouby. Poté na tento modul s kulisou zpátečky vloží domek. Ten se zafixuje upínkami a zašroubuje čtyřmi šrouby. Následně se na páku namontuje dolní a horní triggeru s pružinou. Trigger zajišťuje blokaci zpátečky. Funkce zpátečky musí být automaticky otestována a hodnoty zaznamenány v čárovém kódu, který se nalepí na domek. Od této operace dochází ke zpětné kontrole Ok kusu na každé další operaci. Při vložení NOK kusu na následující operaci, SW nedovolí pokračovat v montáži. Výrobek, který je montován na této operaci, je znázorněn na Obrázku 20.



Obrázek 20: Řadicí páka s triggerem a domkem POM A [13]

7.3.4 Spojení domku s řadicími kabely

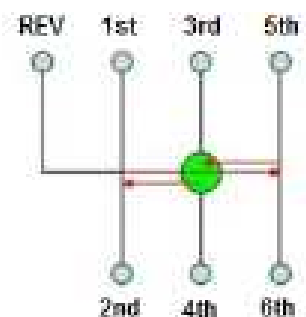
Obsluha zařízení vloží díl z předchozí operace do přípravku. Díl se automaticky zafixuje upínkami. Obsluha vloží řadicí kabel do domku a připne k řadicí páce koncovky. Abutmenty zafixuje v domku zalisováním dvou klipů. Když proces proběhne v pořádku, jsou opět data uloženy do čárového kódu. Díl, který je zobrazen na Obrázku 21, je poté poslán na další operaci.



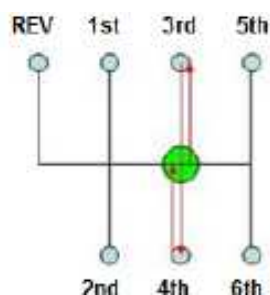
Obrázek 21: Řadicí kabely spojené s řadicí pákou POM A [13]

7.3.5 Tester dráhy páky

Obsluha vloží díl z přechodí operace do přípravku a zafixuje koncovky převodové skříně na senzor dráhy. Dále vloží testovací kouli na páku, ke které se spustí přípravek připojený k servomotoru. Změří se dráhy, které jsou zobrazeny na Obrázku 22 a 23.



Obrázek 22: Měření dráhy ve volícím směru [13]



Obrázek 23: Měření dráhy ve směru řadicím [13]

Výsledky musí být zaznamenávány a ukládány jak do čárového kódu, tak do PC. Křivky průběhu testování musí být zobrazovány. V případě, že je díl Ok, tak může být poslán na další operaci.

7.3.6 Finální montáž řadicího systému

Obsluha zařízení vloží dno domku do přípravku, uchopí těsnění a umístí jej na dno. Vloží díl z předchozí operace, který se zamkne. Následuje nasazení horního těsnění. Koncovky převodové skříně se musí upevnit na speciální přípravek, který zajistí vycvaknutí jejich zámků. Klipy se zafixují, aby nemohlo dojít k jejich zpětnému zacvaknutí. Dále se nasměruje páka do místa druhého převodového stupně a zamkne se zámkem páky. Ten zajistí, aby v autě proběhla přesná montáž na převodovku. Tato pozice nám zaručuje, že požadovaná řadicí rychlost bude zařazena správně.

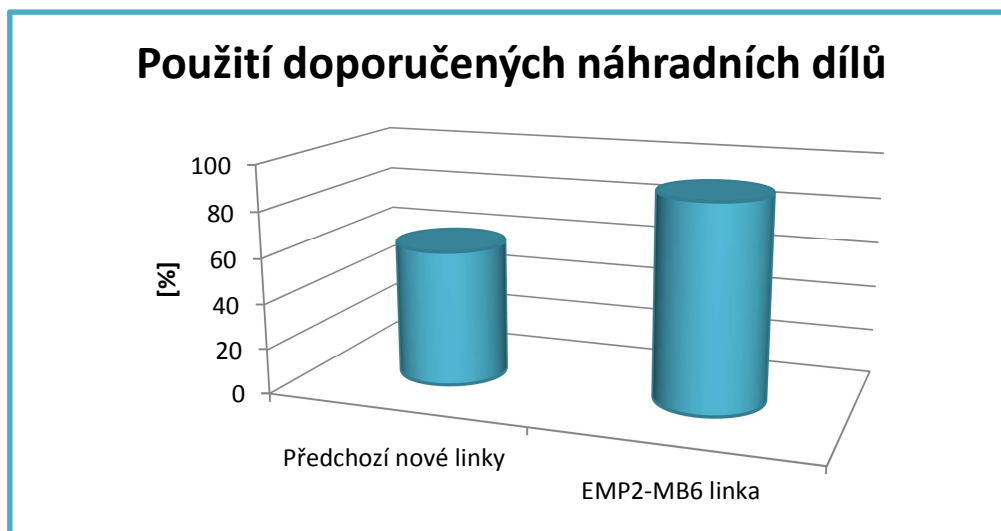
Posledním krokem finální montáže je nasazení ochranné sítky na triggeru páky. Ok kus se může uložit do balení předepsaného zákazníkem.

7.4 Seznam doporučených náhradních dílů

Seznam doporučených náhradních dílů je velmi důležitou součástí zadávání nového projektu dodavateli zařízení. Cílem tohoto dokumentu je vytvořit takový seznam dílů, aby se co nejvíce eliminovalo rozšíření skladu s náhradními díly. Čím větší je sklad náhradních dílů, tím více peněz je svým způsobem nevyužito, byť v konečném důsledku mohou spoustu peněz ušetřit. Dalším důvodem je, že každé rozšíření skladu zabírá výrobní prostory. Jelikož je vytipovaných položek více jak 1000, tak jsou součástí přílohy A. Při použití jiného čidla než je uvedeno v seznamu, musel dodavatel požádat o souhlas procesního inženýra.

U některých částí stroje bylo nutné použít jiná čidla, tak aby spolehlivost procesu byla vyhovující. Z 90% použitých čidel tvoří čidla, která již skladem byla před pořízením nové výrobní linky. U předchozích nových výrobních linek bylo průměrně použito 60% nových čidel, z celkového množství na dané lince. Lze tedy jednoznačně říct, že čas strávený vypracováním doporučeného seznamu a konzultování každého čidla s dodavatelem mělo pozitivní dopad na budoucí zásoby náhradních dílů. Tento progres lze vidět v Grafu 4.

Graf 4: Použití doporučených náhradních dílů [autorka]



7.5 Schvalování designu u dodavatele

Jelikož do současnosti probíhalo schvalování designu pouze za účasti procesního a před procesního inženýra, tak se mnohdy stalo, že navržené stroje nebyly dostatečně spolehlivé nebo neodpovídaly všem bodům specifikace. Proto u tohoto projektu bylo domluveno, že se schvalování designu strojů bude účastnit celý tým. Důvodem rovněž bylo, aby každý mohl dát ještě připomínku k vylepšení pro větší komfortnost a spolehlivost během výroby.

Byly sepsány nedostatky a konzultovány návrhy pro vylepšení. Vše bylo vypracované do oficiálního zápisu z jednání samotným dodavatelem zařízení.

Hlavní body ze zápisu:

- otevírání přípravku na nasazování tlumičů triggeru musí proběhnout automaticky po jejich založení,
- navrhnout přípravek pro usnadnění montáže na výrobní stanici 1,
- možnost vypnutí databáze zpětné sledovatelnosti,
- změnit čidlo pro kontrolu pozice ochranného návleku na kameru,
- spouštění testeru automaticky po opuštění prostoru stanice,
- automatické uvolnění dílu po dokončení fixace koncovek,
- sloučit kontrolu pružiny triggeru a horního triggeru v jednu,
- značení elektro kabelů dle požadavků Dura.

Všechny tyto body ze zápisu budou zkontrolovány během zkušebního provozu u dodavatele. Díky těmto poznatkům celého týmu lze upravit 3D data a SW bez vícenákladů. Poznatky zajistí snížení cyklového času, lepší ergonomii a rychlejší odstraňování poruch.

7.6 Zkušební provoz u dodavatele

Zkušební provoz u dodavatele je jedna z velice důležitých částí celého procesu výstavby zařízení. Zde se kontroluje, zda výrobní stanice splňují všechny body specifikace, cyklový čas a vyrábí kvalitní výrobky.

Cílem je opět zajistit co největší kontrolu ještě v této fázi, před převozem zařízení. Čím víc věcí se odhalí v této fázi, tím jednodušší bude náběh sériové výroby.

Během zkušebního provozu bylo vyrobeno 50ks hotových výrobků. Cyklový čas všech stanic byl do 72s, což je důležitým kritériem. Byly zkontrolovány poznatky ze schvalování designu bez výhrad. Během výroby však docházelo k nečekanému přerušování, zejména kvůli špatně seřízeným čidlům a menším chybám v SW. Obsluha, která toto zařízení bude obsluhovat v provozu, měla výhrady k osvětlení zařízení a výšce pracovní plochy.

Vše bylo opět sepsáno do oficiálního záznamu z jednání. V tuto chvíli byl stanoven i termín odstranění všech nedostatků ze zkušebního provozu. Kontrola těchto nedostatků proběhla ve stanoveném termínu za účasti Dura týmu. Součástí byla i kontrola kompletnosti a obsahu výrobní dokumentace. V tuto chvíli může být linka převezena do výrobního závodu Dura.

7.7 Optimalizace výrobního procesu

U každého nového výrobního zařízení se počítá, že budou postupně odhaleny nedostatky, které se neprojevily při zkušebním provozu. Bylo tedy rozhodnuto, že se bude monitorovat výroba každý den po dobu jednoho měsíce. Z nasbíraných dat se poté udělá analýza a stanoví se nápravná opatření.

Sledování ukazatelé:

- prostoje,
- doba odstranění poruch,

- množství neshodných výrobků.

Ve fázi optimalizace výrobního procesu jsou již splněny všechny požadavky na používání stroje. Stroje byly po převozu zkontrolovány, kompletní dokumentace byla zrevidovaná vedoucím údržby a byl podepsán protokol o předání zařízení do výroby vedoucím každého oddělení.

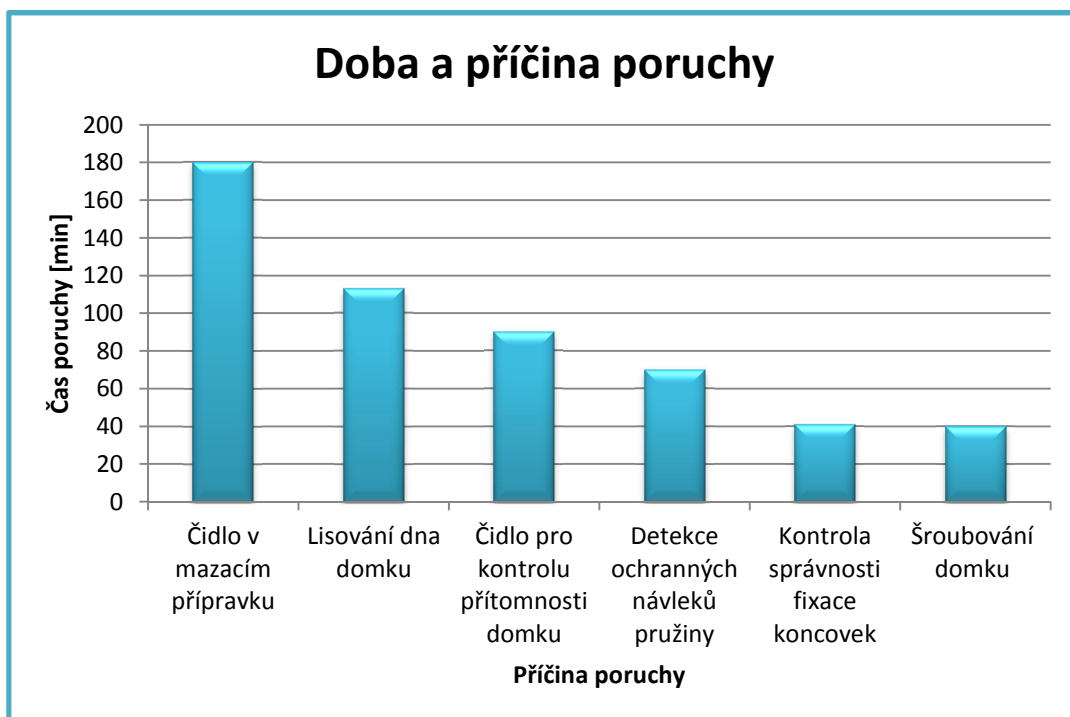
Výsledky prostojů jsou zobrazeny v Tabulce 2. Lze vidět, že prostoje na nové lince MB6 byly poměrně vysoké. Výroba momentálně probíhá pouze na jedné směně.

Tabulka 2: Prostoje měsíc po zahájení sériové výroby [autorka]

Měsíc	Doba prostoje [min]
Prosinec	534

Doba odstranění poruchy a jejich příčiny jsou zobrazeny v Grafu 5. Z grafu lze jednoznačně vidět, které poruchy nejvíce ovlivnily dobu prostoje. Rozhodli jsme se, že se zaměříme na tři největší problémy, na které definujeme cestu k nápravě.

Graf 5: Doba a příčina poruchy za 1 měsíc [autorka]



Počet neshodných výrobků z důvodů nespolehlivosti procesu jsou zobrazeny v Tabulce 3. Nejvíce neshodných výrobků ovlivnil proces šroubování na 1. výrobní stanici. Mechanická opora byla v přípravku uložena s velkou vůlí, která dovolila mírnému posunu při otočení páky pro sešroubování komponentů k sobě. Stalo se tedy, že díra v protikusu

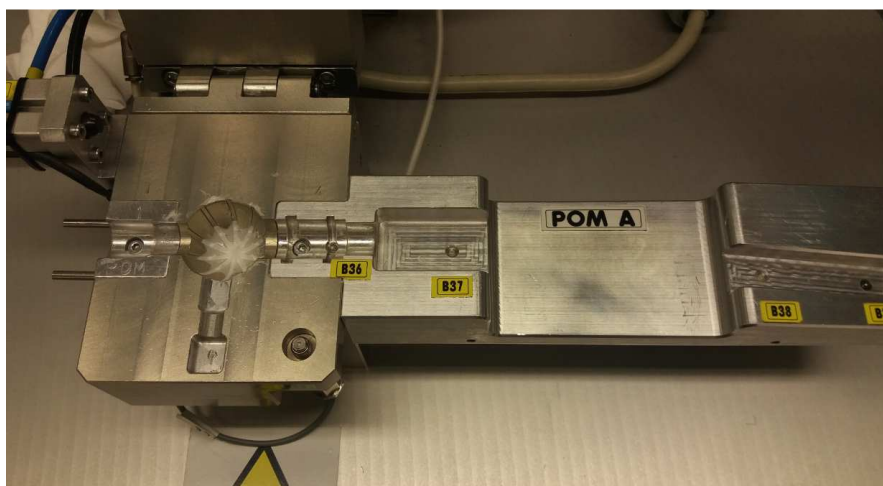
byla mírně posunutá oproti díře v mechanické opoře. Nebyl tedy dosažen požadovaný krouticí moment. Tento problém bude tedy součástí nápravného opatření a optimalizace procesu.

Tabulka 3: Počet neshodných výrobků za jeden měsíc [autorka]

Počet NOK kusů	
	Prosinec
Stanice 1	30
Stanice 2	2
Stanice 3	10
Stanice 4	0
Stanice 5	0
Stanice 6	8
Celkem	50

Nápravná opatření:

- **čidlo v mazacím přípravku:** čidlo v mazacím přípravku na výrobní stanici 1 bylo několikrát poškozeno při vkládání řadicí páky. Nápravným opatřením bylo kontaktování dodavatele a návržení vhodnějšího čidla. Keramické mechanicky spínací čidlo bylo vyměněno za čidlo kovové s kuličkou, tak aby při bočním nárazu nedošlo k jeho poškození. Na Obrázku 24 lze vidět mazací přípravek a na Obrázku 25 detail použitého čidla,

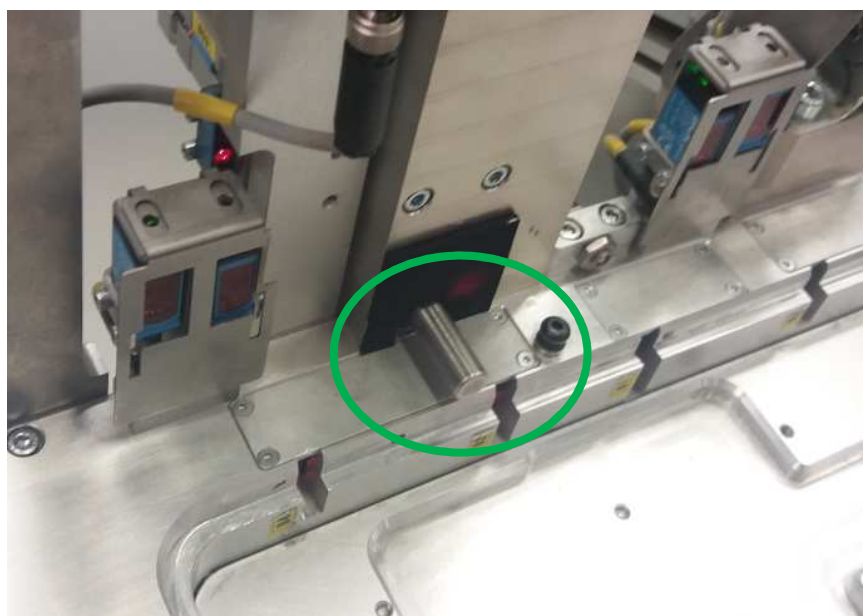


Obrázek 24: Mazací přípravek [autorka]



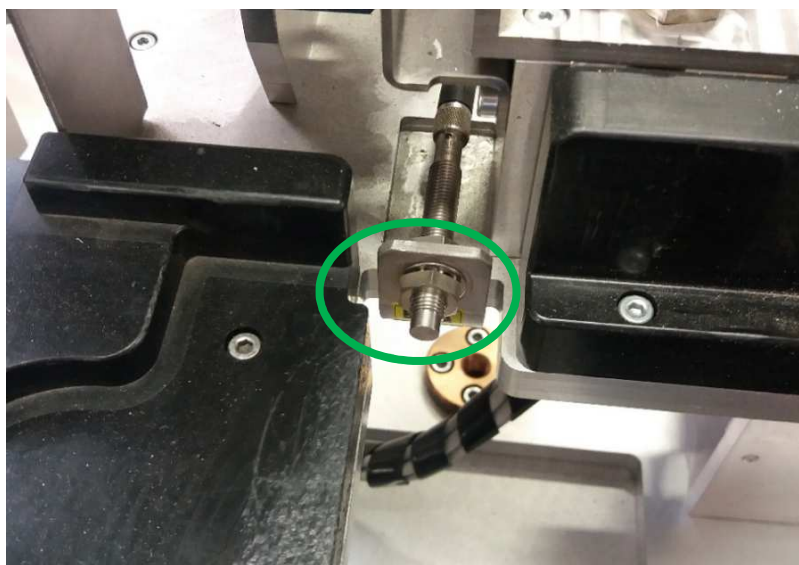
Obrázek 25: Detail použitého čidla [autorka]

- **lisování dna domku:** lisování dna na výrobní stanici 6 nebylo stabilní. Stávalo se, že se dno během lisování zničilo. Detailní analýzou se zjistilo, že má domek v přípravku příliš mnoho vůle. Tzn., dno se nelisovalo vždy ve správné poloze. Proto docházelo k poškození. S dodavatelem zařízení se proto navrhla úprava a to taková, že se přidalo automatické dotlačování domku vždy do stejné polohy. Toto nápravné opatření lze vidět na Obrázku 26. Zaznačený pin se po vložení domku vysune a přitlačí jej,



Obrázek 26: Automatické dotlačování domku [autorka]

- **čidlo pro kontrolu přítomnosti domku:** další prostoje vznikaly kvůli nevhodně zvolenému čidlu na výrobní stanici 4. Jednalo se o čidlo pro kontrolu přítomnosti domku. Čidlo bylo zvolené indukční s plastovým zakončením. Toto plastové zakončení se brzy poškodilo, jelikož nebylo určené jednoznačné zakládání domku do přípravku. Dalším problémem bylo to, že čidlo nebylo při zakládání vidět. Z tohoto důvodu se čidlo vyměnilo za indukční kovové, které je odolné při kontaktu s dílem. Toto čidlo lze vidět na Obrázku 27,



Obrázek 27: Čidlo pro kontrolu přítomnosti domku [autorka]

- **uložení mechanické opory:** jak již bylo zmíněno výše, tak jednou z velkých příčin NOK kusů je uložení mechanické opory na výrobní stanici 1. Rozhodlo se tedy pro vytvoření přípravků, které mechanické opoře vymezí vůli. Toto řešení lze vidět na Obrázku 28.



Obrázek 28: Uložení mechanické opory [autorka]

Po aplikaci nápravných opatření došlo k opětovnému sbírání dat po dobu jednoho měsíce, aby mohlo dojít k porovnání dat před optimalizací výrobního procesu a po jeho optimalizaci.

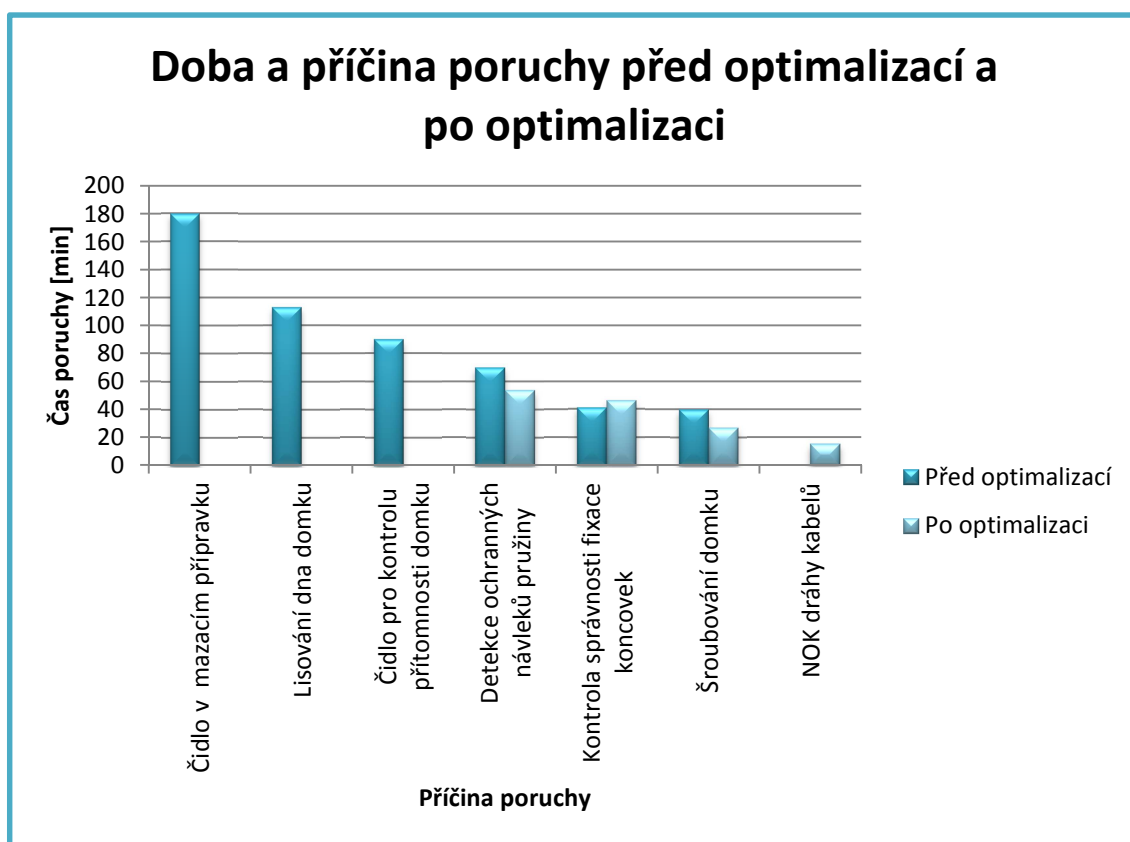
V Tabulce 4 lze vidět porovnání prostojů za měsíc prosinec, který byl před optimalizací. Lze vidět výrazný, ačkoliv očekávaný pokles. Cílem je samozřejmě mít prostoje co nejmenší, blížíci se 0.

Tabulka 4: Doba prostojů po aplikaci nápravných opatření [autorka]

Měsíc	Doba prostoje [min]
Prosinec	534
Únor	133

V Grafu 6 je zobrazeno porovnání doby prostojů a jejich příčin před optimalizací procesu a po jeho optimalizaci. Tři nejvyšší příčiny poruch byly díky nápravným opatřením úplně odstraněny. Každý měsíc se tento proces analýzy bude opakovat až do doby, kdy nebudou odstraněny všechny poruchy z důvodu nespolehlivosti procesu.

Graf 6: Doba a příčina poruchy před optimalizací a po optimalizaci [autorka]



Dle systému MFG byl vyhodnocen počet NOK kusů v měsíci únor, což je měsíc již po optimalizaci procesu. Již na základě výskytu poruch a prostojů, je zřejmé, že došlo k výraznému vylepšení spolehlivosti procesu. To se odráží také na počtu neshodných výrobků, které jsou zobrazeny v Tabulce 5. Těch bylo v únoru vyrobeno 12. Oproti prosinci se počet snížil o c celých 38 kusů.

Tabulka 5: Počet NOK kusů po optimalizaci procesu [autorka]

Počet NOK kusů		
	Prosinec	Únor
Stanice 1	30	0
Stanice 2	2	0
Stanice 3	10	7
Stanice 4	0	0
Stanice 5	0	5
Stanice 6	8	0
Celkem	50	12

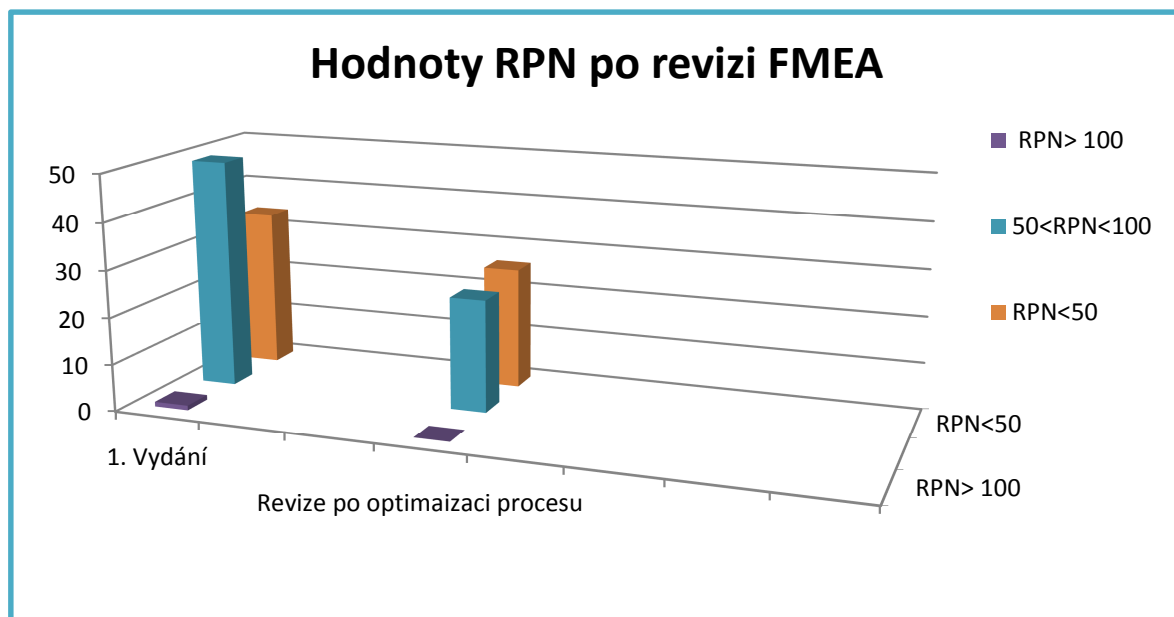
Součástí optimalizace procesu je také revize procesní FMEA. Revize se provádí přímo na lince za účasti celého týmu. Důležité je, aby se účastnila i obsluha, která potvrzuje informace o výskytu dané vady. I přestože revize tímto způsobem zabírá hodně času, je důležité, aby se udělala pečlivě. Poté FMEA vypovídá o aktuálním stavu v lince a také o nejrizikovější operaci. V Tabulce 6 jsou zobrazeny hodnoty RPN pře optimalizací a po optimalizaci procesu.

Tabulka 6: Počet hodnot dle velikosti RPN po optimalizaci procesu [autorka]

	1. Vydání	Revize po optimalizaci procesu
RPN > 100	1	0
50 < RPN < 100	49	24
RPN < 50	34	64

Grafu 7 je viditelné, že stav výrobní linky nemá žádnou kritickou hodnotu nad 100 RPN. Výrazně se snížilo i množství RPN mezi 50 a 100. Tzn., že na většině operací vzniká téměř minimální riziko vzniku či neodhalení neshody.

Graf 7: Hodnoty RPN po revizi FMEA [autorka]



8 Závěr

Záměrem této diplomové práce bylo stanovení vylepšení návrhu nové výrobní linky a její následná optimalizace pro zvýšení provozní spolehlivosti. Součástí části teoretické byly popsány postupy a procesy managementu údržby.

V praktické části byl popsán postup vylepšení návrhu nové výrobní linky včetně samotné aplikace ve společnosti Dura Automotive Systems s.r.o.

Podstatou celého návrhu bylo vytvořit tým z různých pracovních pozic, včetně členů údržby. Jde o to, aby se mohli k novým zařízením vyjádřit i lidé, které dané zařízení bude ovlivňovat po celou dobu životnosti.

Byly specifikovány postupy pro jednotlivé oblasti, které mají zajistit již vyprojektovanou provozní spolehlivost, a také byl stanoven systém optimalizace procesu po zahájení sériové výroby. Jednalo se o tvorbu PFMEA, tvorbu specifikace výrobního zařízení, tvorba seznamu doporučených náhradních dílů, schvalování designu u dodavatele zařízení, zkušební provoz u dodavatele a optimalizace výrobního procesu.

Pro porovnání byla sbírána data před optimalizací procesu, tak i po optimalizaci procesu. Lze vidět výrazná pokrok v množství prostojů a počtu neshodných výrobků. Prostoje způsobené třemi největšími problémy byly po aplikaci nápravného opatření zcela odstraněny.

Jelikož je cílem 0min neplánovaných prostojů za jeden měsíc, tak je nutné, aby se celý postup opakoval, až do doby, kdy nebudou všechny problémy úplně odstraněny. Celý návrh nové výrobní linky byl díky tomuto systému bez větších problémů a dodatečných nákladů, jelikož všechny podstatné věci byly obsažené ve specifikaci výrobního zařízení. Dalším důležitým aspektem je ten, že sériová výroba začala dle časového plánu bez problémů a speciálních transportů, což bylo do této doby vzácné.

Tento technický návrh řešení náběhu nového projektu měl úspěch, proto se aplikoval na další nový projekt, který bude mít začátek sériové výroby začátkem roku 2019. Závěrem tedy je, že údržba a další pracovní pozice jsou velice důležité již ve chvíli navrhování nového zařízení, jelikož čas strávený na začátku jim ušetří čas během provozu těchto strojů.

Poděkování

Mnohokrát bych chtěla poděkovat všem vyučujícím VŠB-TUO, díky kterým mám spoustu technických a odborných znalostí. Především bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Františkovi Helebrantovi, CSc., vedoucímu mé diplomové práce, za neskutečnou podporu, vedení a udávání směru mé práce a prohloubení mých vědomostí.

Zároveň mé díky patří společnosti Dura Automotive Systems, za možnost realizace této práce, poskytnutí odborných rad a podpory celého týmu.

Mé velké díky patří také mým nejbližším, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

Seznam použité literatury

- [1] HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. Ostrava: VŠB-TU 2008, 1. vydání, 130 s., ISBN 978-80-248-1690-6.
- [2] LAURIA, J. *Developing Computerized Maintenance Management System*. Helsinki: Metropolia University of Applied Sciences 2017, 63s.
- [3] HELEBRANT, F., HRABEC, L., BLATA, J. *Provoz, údržba a diagnostika strojů*. Ostrava: VŠB-TU 2013, 219s., ISBN 978-80-248-3028-5.
- [4] LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Příbram: Professional Publishing 2013, První vydání, 570s., ISBN 978-80-7431-119-2.
- [5] VDOLEČEK, F., *Spolehlivost a technická diagnostika*. Brno 2002, Vysoké učení technické v Brně, 49s.
- [6] MAŠÍN, I., VYTLAČIL M. *TPM – Management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, Liberec 2000, 1. vydání, 246s., ISBN 80-902235-5-9.
- [7] ČSN EN 13306:2002. *Údržba – Terminologie údržby*.
- [8] ČSN EN 13460:2009. *Údržba – Dokumentace pro údržbu*.
- [9] ČSN EN 13629:2015. *Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě*.
- [10] Dura Automotive Systems. *KOP Presentation 2018*, Kopřivnice, 21p.
- [11] Dura Automotive Systems. *AOE Presentation CZ*, Kopřivnice 2017, 8p.
- [12] Dura Automotive Systems. *Product presentation-MB6*, Kopřivnice 2016.
- [13] Dura Automotive Systems. *Specifikace EMP2MB6_pořizované stroje a zařízení_v3*, Kopřivnice 2016, 45p.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Strategie údržby - zlepšení výkonnosti [4]

Obrázek 2: Hmotný majetek a jeho požadavky [4]

Obrázek 3: Čas pro řešení problémů [6]

Obrázek 4: Výpočet míry využití stroje [6]

Obrázek 5: Výpočet míry výkonu stroje [6]

Obrázek 6: Výpočet míry kvality stroje [6]

Obrázek 7: Výpočet OEE [6]

Obrázek 8: CMMS

Obrázek 9: Řadicí systém pro Nissan Juke [10]

Obrázek 10: Časový snímek implementace nových projektů v Dura [10]

Obrázek 11: Organizační struktura Dura Kopřivnice

Obrázek 12: Projektový tým [autorka]

Obrázek 13: PSA automobily s řadicím systémem MB6 [12]

Obrázek 14: Varianta A i B [12]

Obrázek 15: Varianta C [12]

Obrázek 16: PFMEA [autorka]

Obrázek 17: Rozložení výrobní linky [13]

Obrázek 18: Předmontáž řadicí páky POM A [13]

Obrázek 19: Sestava modulu řadicí páky POM A [13]

Obrázek 20: Řadicí páka s triggerem a domkem POM A [13]

Obrázek 21: Řadicí kabely spojené s řadicí pákou POM A [13]

Obrázek 22: Měření dráhy ve volícím směru [13]

Obrázek 23: Měření dráhy ve směru řadicím [13]

Obrázek 24: Mazací přípravek [autorka]

Obrázek 25: Detail použitého čidla [autorka]

Obrázek 26: Automatické dotlačování domku [autorka]

Obrázek 27: Čidlo pro kontrolu přítomnosti domku [autorka]

Obrázek 28: Uložení mechanické opory [autorka]

Seznam grafů

Graf 1: Rozdělení zákazníků pro rok 2017 [10]

Graf 2: Prodej dle produktu pro rok 2017 [10]

Graf 3: Hodnoty RPN při vytvoření PFMEA [autorka]

Graf 4: Použití doporučených náhradních dílů [autorka]

Graf 5: Doba a příčina poruchy za 1 měsíc [autorka]

Graf 6: Doba a příčina poruchy před optimalizací a po optimalizaci [autorka]

Graf 7: Hodnoty RPN po revizi FMEA [autorka]

Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet hodnot dle velikosti RPN [autorka]

Tabulka 2: Prostoje měsíc po zahájení sériové výroby [autorka]

Tabulka 3: Počet neshodných výrobků za jeden měsíc [autorka]

Tabulka 4: Doba prostojů po aplikaci nápravných opatření [autorka]

Tabulka 5: Počet NOK kusů po optimalizaci procesu [autorka]

Tabulka 6: Počet hodnot dle velikosti RPN po optimalizaci procesu [autorka]

Seznam příloh

Příloha A: Seznam doporučených náhradních dílů